



CHALMERS TEKNISKA HÖGSKOLA

Institutionen för kemi- och bioteknik

KURSNAMN	Bioseparationsteknik, KAA150	<i>Med förslag till lösningar av beräkningsuppgifter</i>
PROGRAM: namn åk / läsperiod	Civilingenjörsprogram bioteknik årskurs 3 läsperiod 3	
EXAMINATOR	Krister Ström	
TID FÖR TENTAMEN	Torsdag 28 augusti, kl 14.00-18.00	
LOKAL	V-salar	
HJÄLPMEDEL	Valfri räknedosa/kalkylator med tömt minne. Egna anteckningar och kursmaterial är ej godkänt hjälpmedel. "Data och Diagram" av Sven-Erik Mörtstedt/Gunnar Hellsten "Tabeller och Diagram" av Gunnar Hellsten "Physics Handbook" av Carl Nordling/Jonny Österman "BETA β " av Lennart Råde/Bertil Westergren Formelblad (vilket bifogats tentamenstesen)	
ANSV LÄRARE: namn telnr besöker tentamen	Krister Ström 772 5708 ca. kl. 15.00 och 16.30	
DATUM FÖR ANSLAG av resultat samt av tid och plats för granskning	Lösningar till tentamens räknedel anslås på kurshemsidan 28 augusti. Resultat på tentamen anslås 15 september. Granskning torsdag 16 september kl. 12.30-13.00 i seminarierummet, forskarhus II plan 2 eller efter överenskommelse med examinator.	
ÖVRIG INFORM.	Tentamen består av teoriproblem, del A, och en beräkningsdel, del B. Omfattningen av del A är ca 40% av totalpoängen på tentamen Poäng på respektive uppgift finns noterat i tentamenstesen. För godkänd tentamen fordras 50% av tentamens totalpoäng. Tentamen består av åtta teori- och fyra beräkningsuppgifter Samtliga diagram och bilagor skall bifogas lösningen av tentamensuppgiften. Diagram och bilagor kan ej kompletteras med vid senare tillfälle. 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.	

Del A: Teori

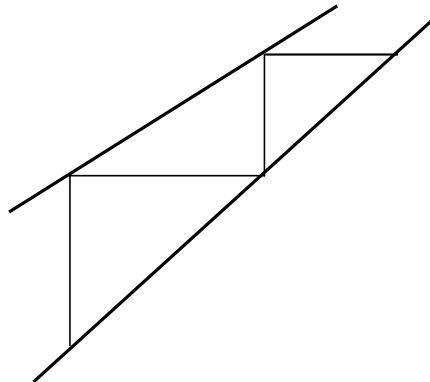
A1. Du ska bestämma ett jämviktsvillkor för jämvikt mellan ånga och vätska för binärt system som är azeotrop!

- Hur formulerar du jämviktsvillkoret?
- Ge förslag på relevanta korrelationer som fordras för att genomföra en daggpunktsberäkning!
- Hur löser du daggpunktsberäkningen?

(5p)

A2. Tyvärr motsvarar inte en verklig botten i en destillationskolonn ett idealt jämviktssteg utan man måste använda någon typ av korrektion. En sådan är bottenverkningsgraden enligt Murphree.

- Hur definieras den?
- Hur genomförs en stegning med E_{MV} resp E_{ML} ? Dvs. Murphree verkningsgraden uttryckt för ång- resp. vätskefas. I figuren nedan är två ideala steg inlagda. Hur skulle det bli för de båda fallen med botten-verkningsgrad?



(4p)

A3. Från figuren se nästa sida, hämtad från *Seader & Henley Separation Process Principles*, förklara vad som sker i en absorptionskolonn i området mellan belastningslinjen och flödningslinjen. Kolonnen är utrustad med packningsmaterialet Bialecki ringar och kolonnen arbetar enligt givna specifikationer i figuren. Motivera svaret!

Vänd 

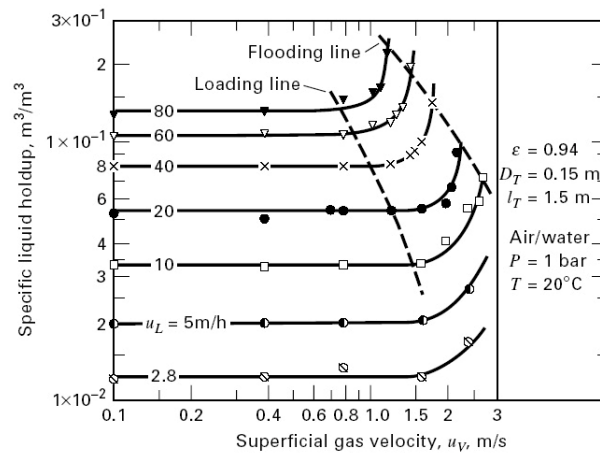


Figure 6.35 Specific liquid holdup for irrigated 25-mm metal Bialecki rings.
 [From R. Billet, *Packed Column Analysis and Design*, Ruhr-University Bochum (1989) with permission.]

(3p)

A4. Förklara varför det är viktigt att kontrollera vätningshastigheten när man dimensionerar en absorptionskolonn!

(2p)

A5. a) Vad innebär det specifika filtrermotståndet, α ? Varför brukar man oftast använda ett medelvärde, α_{av} ?

b) Namnge ett kontinuerligt filter och beskriv kortfattat dess funktion.

(4p)

A6. Rita ett diagram som visar hur tryckfallet över en partikelbädd varierar med gashastigheten genom bädden! Diagrammet ska täcka området från vilande bädd till pulserande! Markera följande i diagrammet;

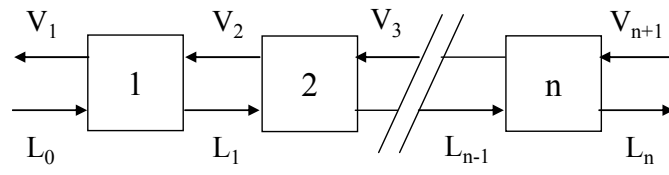
- Området för bubblande bädd
- Området för fast bädd
- Lägsta gashastigheten för fluidisation

(3p)

A7. Vid grafisk beräkning och illustration av en lakningsoperation, tex för ett fall enligt figur på nästa sida, utnyttjas ett triangeldiagram visande lösningsmedel, S, löst substans, A, och fast inert material, C. För att beskriva i materialbalansens form ett nettoflöde mellan enheterna införs en ström R.

- Hur ska man tolka att R har ett negativt värde?
- Vad är villkoret att strömmarna V_1 till V_{n+1} ligger på triangeln's hypotenus?
- Kan strömmarna L_0 till L_n ligga på katetern AC?
- Vad är villkoret för "jämviktsbegreppet" vid lakning?

Vänd



(4p)

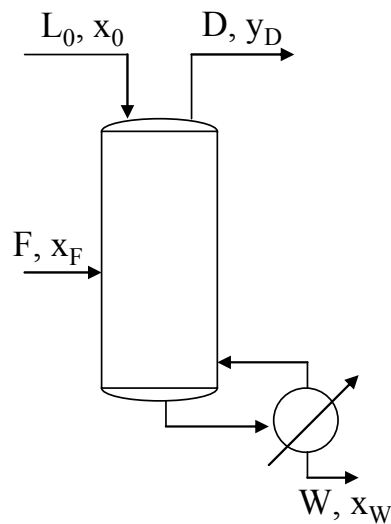
Del B: Beräkningsuppgifter

B1. En blandning av de organiska komponenterna A och B separera i en kontinuerligt arbetande destillationskolonn. Kolonnen är utrustad enligt figur nedan.

Tillflödet (F), 100 kmol/h, är kokvarm vätska och håller 50 mol-% av vardera komponenten. Strömmen L_0 är vätskeformig kokvarm ren komponent A. Man önskar en toppprodukt som håller 95 mol-% A och bottenprodukten får maximalt innehålla 10 mol-% A. Förhållandet mellan vätske- och ångflödet (L/V -förhållandet) i destillationskolonnens förstärkardel är 0.75.

- Beräkna med Sorels metod hur många ideala steg som fordras för separationen!
- Hur mycket ångformig produkt erhålls?

Relativa flyktigheten för systemet A-B vid aktuellt tryck är 3.0.



(10p)

B2. Luft innehållande 2 mol-% ammoniak, vid 25°C och 1 atm ska tvättas med vatten i en packad kolonn innehållande 1" keramiska Intaloxsaddlar. Påförd mängd rent vatten ska var 20000 kg/h·m² och ingående gasflöde 2000 kg/h·m². Antag att temperaturen i kolonnen är konstant vid 25°C och att gasens löslighet följer Henrys lag,

$$P_{\text{Ammoniak}} = H \cdot x_{\text{Ammoniak}}$$

där P_{Ammoniak} är partialtrycket av ammoniak i luften
 x_{Ammoniak} ärmolandelen ammoniak i lösningen
 H är Henrys konstant

Vänd 

Under de betingelser som gäller för absorptionsprocessen är Henrys konstant 2.7 atm/molandel.

Beräkna

- erforderlig packningshöjd om 90% av ammoniakerna ska absorberas!
- minimalt erforderligt vätskeflöde om 98% av ammoniakerna ska absorberas!

Antagande: Antag att H_{oG} för detta fall är 0.9 m.

(9p)

B3. En natriumhydroxidlösning ska koncentreras i en indunstare. Tillflödet 4500 kg/h, håller 15 vikt-% NaOH och har temperaturen 60°C. Man önskar att den koncentrerade lösningen som lämnar indunstareffekten ska hålla 55 vikt-%

Färskången håller trycket 2.2 bar och trycket i övre lutrummet är 0.20 bar. Det skenbara värmegenomgångstalet är 1560 W/m²·K.

- Beräkna erforderligt behov av färskånga samt erforderlig värmeöverförande yta!

Dürlingdiagram för kokpunktsförhöjning och entalpiediagram för vattenlösningar med NaOH bifogas.

(8p)

B4. I en lakningsanläggning bestående av tre ideala steg, utvinns man olja ur bomullsfrön. Till anläggningen förs 2 kg bomullsfrö per sekund, hållande 30 vikts% olja och resten inert material. Den utgående extraktfasen, 1 kg/s, håller 50 vikts% olja. Mellan varje steg kvarhåller det inerta materialet 1 kg lösning per kg inert material. Medtryckningen av inert material i överströmmarna kan anses vara försumbar.

- Vad har den ingående extraktfasen för sammansättning?
- Hur stor andel av den olja som förs in till anläggningen med bomullsfröna finns kvar i utgående raffinatström?

8p)

Göteborg 2008-08-25
Krister Ström

Bioseparationsteknik

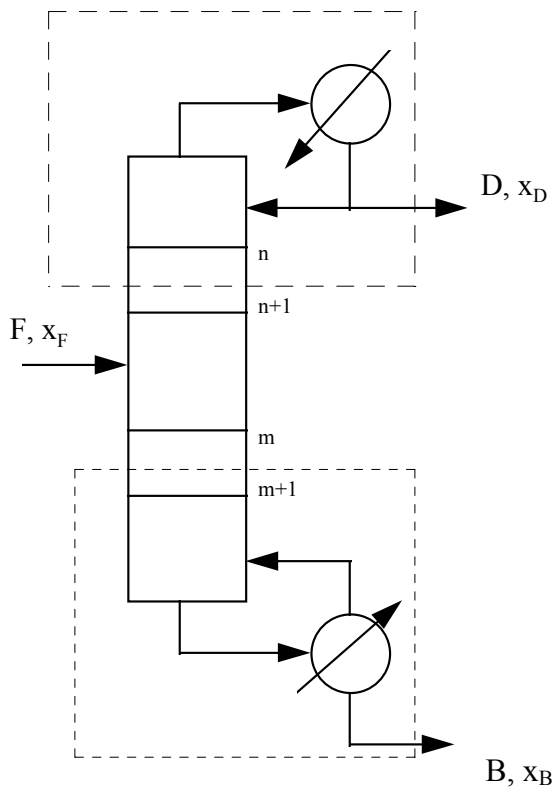
Formelsamling

DESTILLATION

Relativ flyktighet:
$$\alpha_{1,2} = \frac{\frac{y_1}{x_1}}{\frac{y_2}{x_2}}$$

där x anger vätskefassammansättning
 y anger ångfassammansättning
 1 anger lättflyktig komponent
 2 anger tung komponent

Destillation:



Materialbalanser:

$$V_{y_{n+1}} = Lx_n + Dx_D$$

$$V_{y_{m+1}} = Lx_m - Bx_B$$

q-linje:

$$y = -\frac{q}{1-q}x + \frac{x_F}{1-q}$$

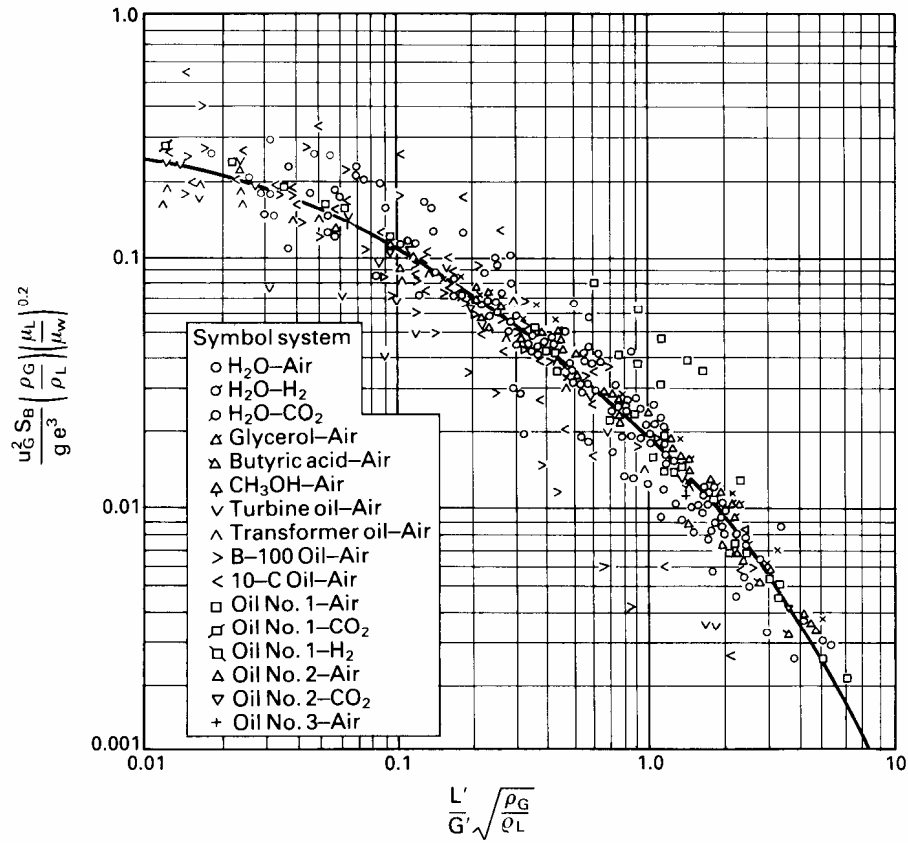


FIG. 4.21. Generalised correlation for flooding rates in packed towers

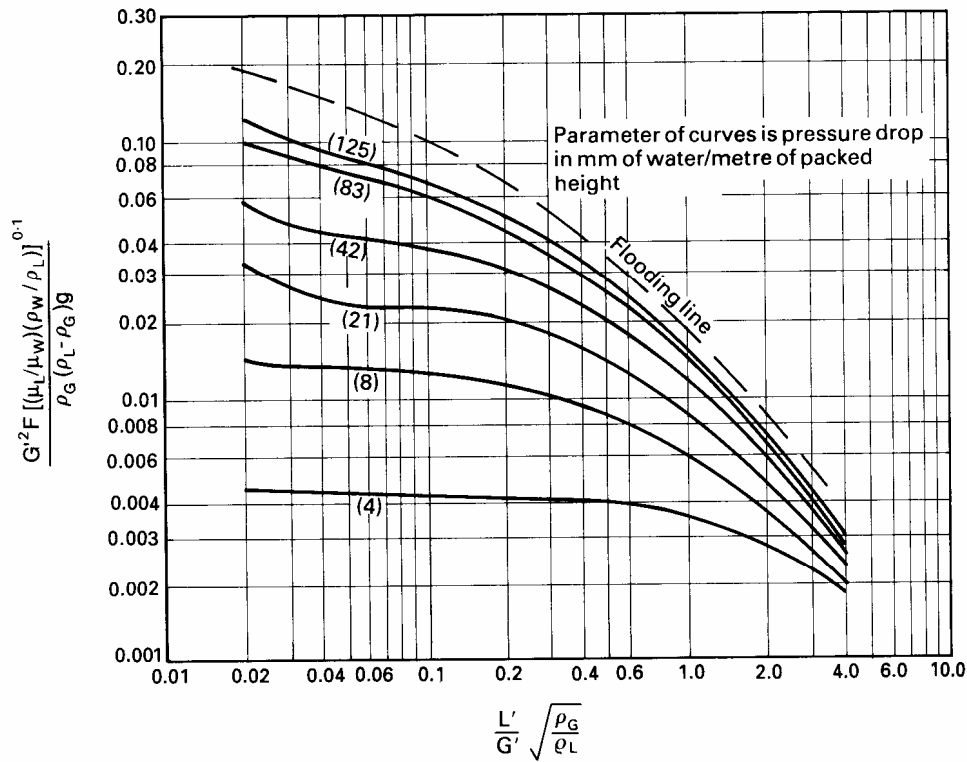


FIG. 4.22. Generalised pressure drop correlation (adapted from a figure by the Norton Co. with permission)

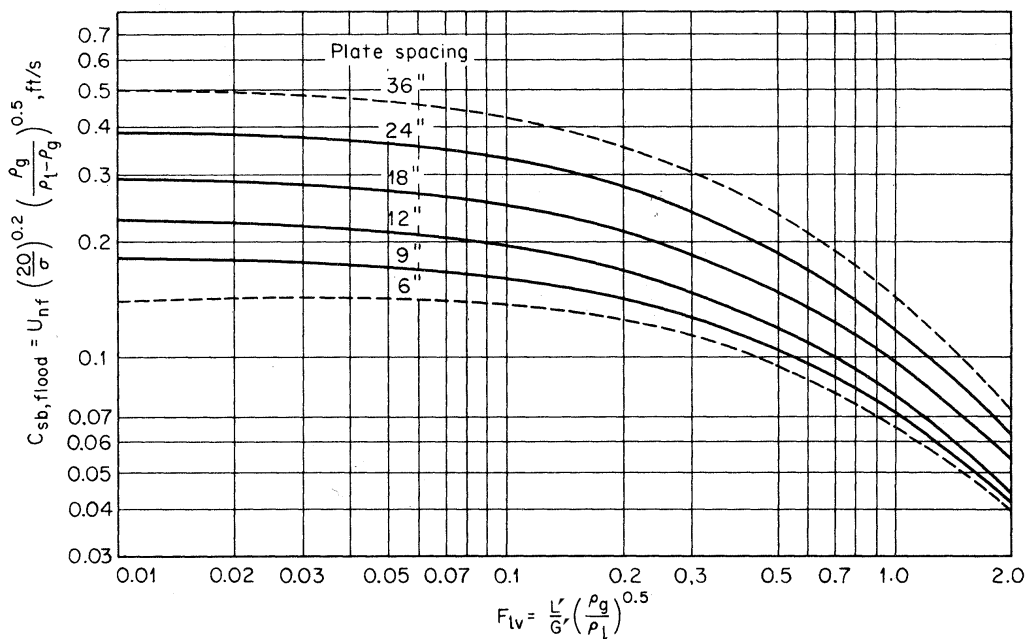


FIG. 18-10 Flooding limits for bubble-cap and perforated plates. L'/G' = liquid-gas mass ratio at point of consideration. To convert feet per second to meters per second, multiply by 0.3048; to convert inches (symbol ") to meters, multiply by 0.0254. [Fair, Pet./Chem. Eng., 33(10), 45 (September 1969).]

ABSORPTION

Vätningshastigheten:
$$L_W = \frac{L'}{\rho_L \cdot S_B}$$

$L_W > 2 \cdot 10^{-5} \text{ m}^2/\text{s}$ för ringar med diameter mellan 25 mm och 75 mm, och för galler med delning mindre än 50 mm.

$L_W > 3.3 \cdot 10^{-5} \text{ m}^2/\text{s}$ för större packningsmaterial.

Bindelinjens lutning:
$$\frac{y - y_i}{x - x_i} = - \frac{k_L \cdot a \cdot C_T}{k_G \cdot a \cdot P}$$

Packningshöjd: Vid låga halter:
$$l_T = \frac{V}{k_G \cdot a \cdot P} \int_{y_2}^{y_1} \frac{dy}{(y - y_i)} = \frac{V}{K_G \cdot a \cdot P} \int_{y_2}^{y_1} \frac{dy}{(y - y^*)}$$

$$l_T = \frac{L}{k_L \cdot a \cdot C_T} \int_{x_2}^{x_1} \frac{dx}{(x_i - x)} = \frac{L}{K_L \cdot a \cdot C_T} \int_{x_2}^{x_1} \frac{dx}{(x^* - x)}$$

$$l_T = \frac{V'}{k_G \cdot a \cdot P} \int_{Y_2}^{Y_1} \frac{dY}{(Y - Y_i)} = \frac{V'}{K_G \cdot a \cdot P} \int_{Y_2}^{Y_1} \frac{dY}{(Y - Y^*)}$$

$$l_T = \frac{L'}{k_L \cdot a \cdot C_T} \int_{X_2}^{X_1} \frac{dX}{(X_i - X)} = \frac{L'}{K_L \cdot a \cdot C_T} \int_{X_2}^{X_1} \frac{dX}{(X^* - X)}$$

Vid rät driftlinje
och rät jämvikts-
kurva:

$$l_T = \frac{V}{K_G \cdot a \cdot P} \cdot \frac{1}{1 - \frac{m \cdot V}{L}} \cdot \ln \frac{y_1 - m \cdot x_1}{y_2 - m \cdot x_2}$$

$$l_T = \frac{L}{K_L \cdot a \cdot C_T} \cdot \frac{1}{\frac{L}{m \cdot V} - 1} \cdot \ln \frac{y_1 - m \cdot x_1}{y_2 - m \cdot x_2}$$

Vid rät driftlinje och rät jämviktskurva gäller: $H_{OG} = H_G + \frac{m \cdot G}{L} \cdot H_L$

$$H_{OL} = H_L + \frac{L}{m \cdot G} \cdot H_G$$

FILTRERING

$$\frac{dV}{dt} = \frac{A^2 \Delta P}{\mu(c \alpha_{av} V + AR_m)} \quad c = \frac{\rho J}{(1-J) - \frac{\varepsilon_{av}}{1 - \varepsilon_{av}} J \frac{\rho}{\rho_s}}$$

SEDIMENTERING

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

SYMBOLFÖRTECKNING:

ABSORPTION

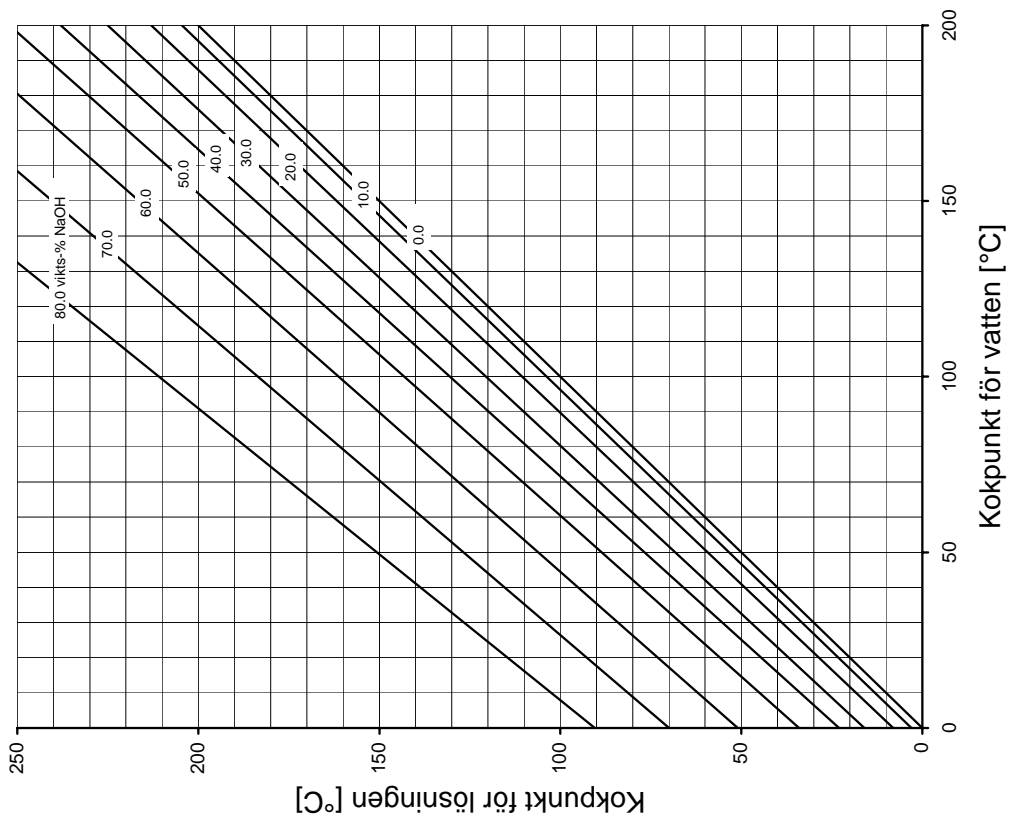
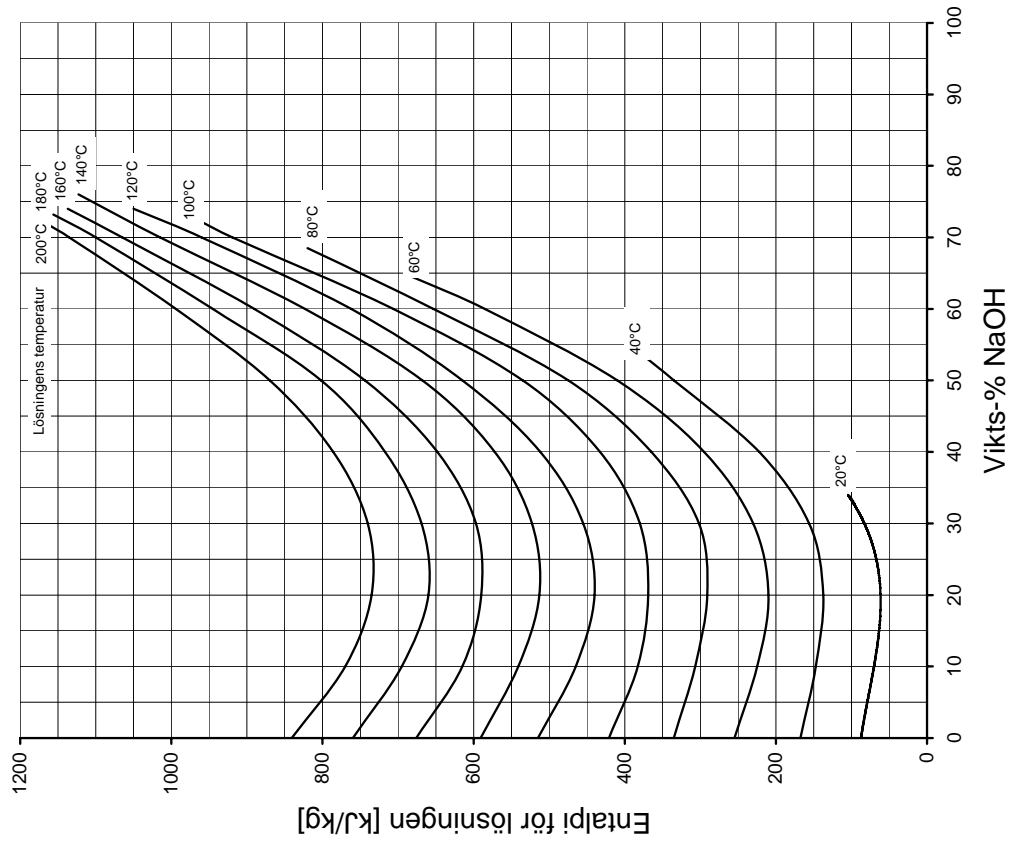
a	massöverförande yta per tornvolym, m^2/m^3
$C_{sb, flood}$	kapacitetsparameter, ft/s
C_T	vätskans totalkoncentration, $kmol/m^3$
e	packningens porositet, -
F	packningsfaktor, m^{-1}
F_{lv}	flödesparameter, -
g	tyngdaccelerationen, m/s^2
V	gasflöde, $kmol/(m^2 \cdot s)$
G'	gasflöde, $kg/(m^2 \cdot s)$
V'	inert gasflöde, $kmol/(m^2 \cdot s)$
H_G	höjd svarande mot en massöverföringsenhet, gasfilm, m
H_L	höjd svarande mot en massöverföringsenhet, vätskefilm, m
H_{OG}	höjd svarande mot en massgenomgångsenhet, gasfasstorheter, m
H_{OL}	höjd svarande mot en massgenomgångsenhet, vätskefasstorheter, m
k_G	massöverföringstal, gasfilm, $kmol/(m^2 \cdot s \cdot atm)$
k_L	massöverföringstal, vätskefilm, m/s
K_G	massgenomgångstal baserat på gasfasstorheter, $kmol/(m^2 \cdot s \cdot atm)$
K_L	massgenomgångstal baserat på vätskefasstorheter, m/s
L	vätskeflöde, $kmol/(m^2 \cdot s)$
L'	vätskeflöde, $kg/(m^2 \cdot s)$
L''	inert vätskeflöde, $kmol/s$
L_W	vätningshastighet, m^2/s
m	jämviktskurvans lutning, -
P	totaltryck, atm
S_B	specifik yta hos packningsmaterialet, m^2/m^3
u_G	gashastighet, m/s
u_{nf}	gashastighet vid flödning (baserad på aktiv area), ft/s
x	molbråk i vätskefas, -
X	molbråksförhållande i vätskefas, mol absorberbart/mol inert vätska
y	molbråk i gasfas, -
Y	molbråksförhållande i gasfas, mol absorberbart/mol inert gas
l_T	packningshöjd, m
μ_L	vätskans dynamiska viskositet, Pa·s
μ_W	dynamiska viskositeten för vatten vid 20°C, Pa·s
ρ_G	gasens densitet, kg/m^3
ρ_L	vätskans densitet, kg/m^3
ρ_W	densiteten för vatten vid 20°C, kg/m^3
σ	ytpänning, dyn/cm (=mN/m)

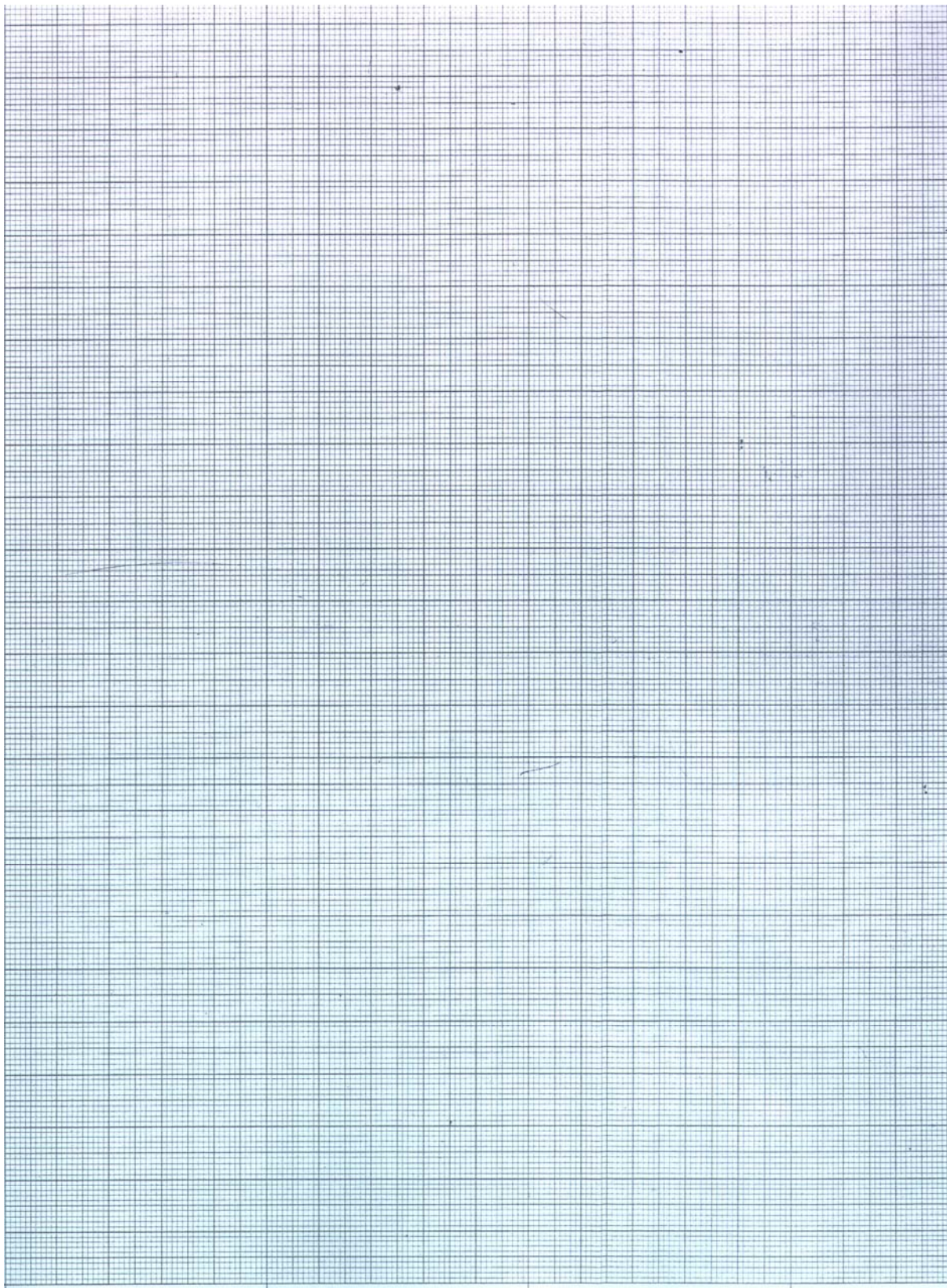
FILTRERING

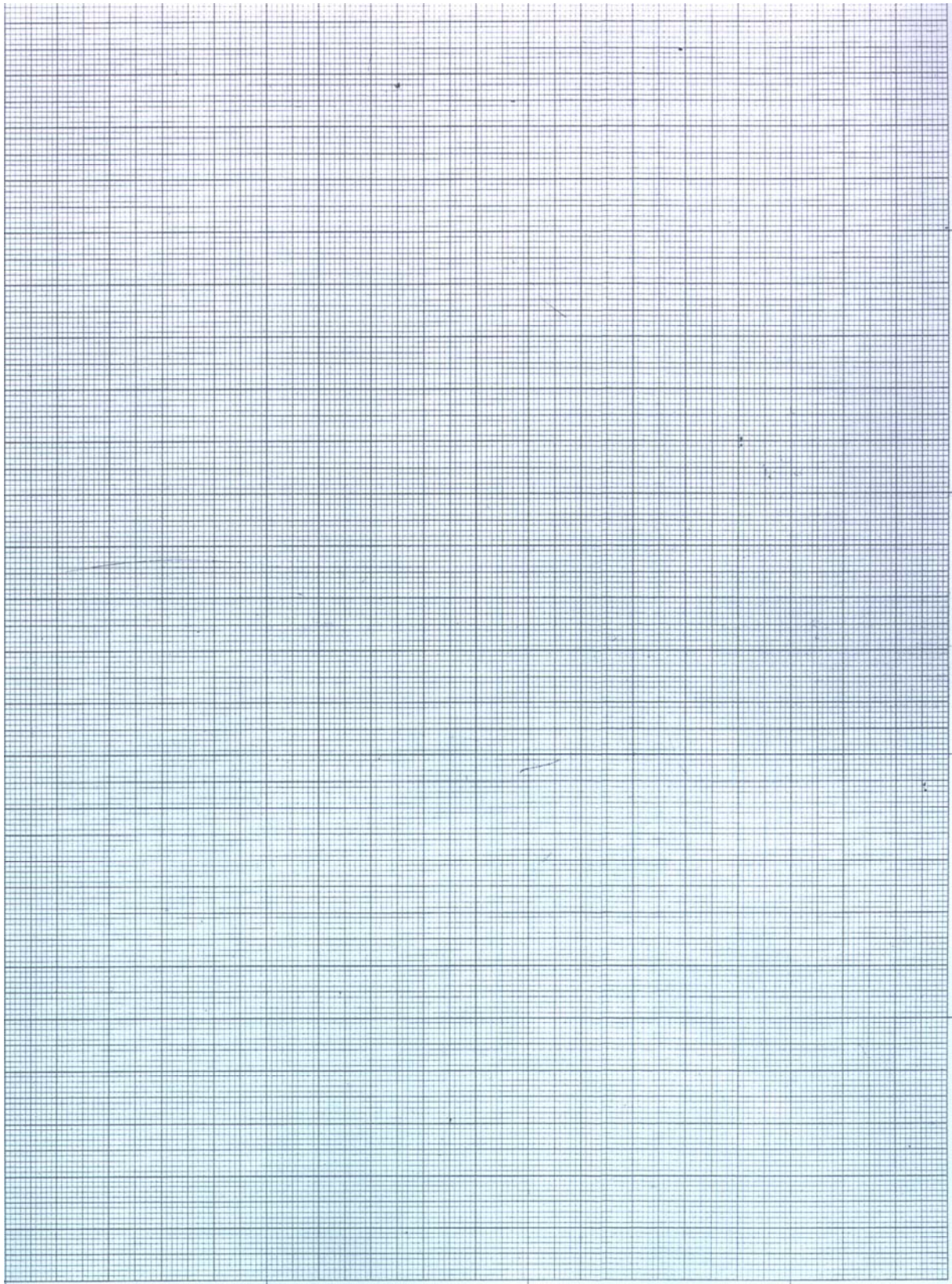
A	filtreringsarea, m^2
c	förhållandet mellan vikten av det fasta materialet i filterkakan och filtratvolymen, kg/m^3
J	massbråk av fast material i suspensionen, -
ΔP	tryckfall över filterkakan, Pa
R_m	filtermediets motstånd, m^{-1}
t	filtreringstid, s
V	erhållen filtratvolym under tiden t , m^3
α_{av}	specifikt filtreringsmotstånd, m/kg
ε_{av}	filterkakans porositet, -
μ	fluidens viskositet, Pa·s
ρ	fluidens densitet, kg/m^3
ρ_s	fasta fasens densitet, kg/m^3

SEDIMENTERING

D_p	partikelstorlek, m
g	tyngdaccelerationen, m/s^2
v	partikelns sedimentationshastighet, m/s
μ	fluidens viskositet, Pa·s
ρ	fluidens densitet, kg/m^3
ρ_s	fasta fasens densitet, kg/m^3





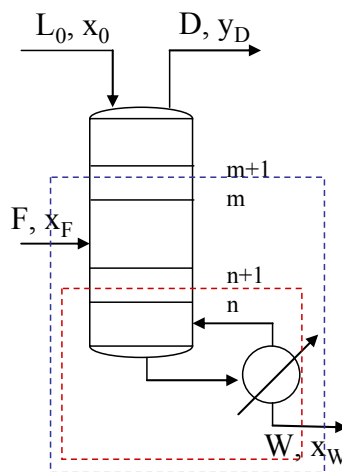


B1.

Data: $F = 100 \text{ kmol/h}$
 $x_F = 0.50$
 $x_0 = 1.0$
 $y_D = 0.95$
 $x_B = 0.10$
 $L/V = 0.75$
 $\alpha = 3.0$

Sökt: Antal ideala steg samt destillatflödet.

Lösning:



Konstanta molära flöden antas dvs $\bar{V} = V = D$ samt $L_0 = L$ och $\bar{L} = L + F$

Totalbalans: $F + L_0 = D + B$
 $F + L = V + B \quad \dots(1)$

Komp.balans $Fx_F + Lx_0 = Vy_D + Bx_B \quad \dots(2)$

Givet förhållande: $L = 0.75V \quad \dots(3)$

(1) & (3) $\Rightarrow F + 0.75V = V + W \quad ; \quad W = F - 0.25V \quad \dots(4)$

(2) & (4) $\Rightarrow Fx_F + 0.75V = Vy_D + (F - 0.25V)x_B \quad \dots(5)$

(5) $\Rightarrow V = \frac{Fx_F - Fx_B}{y_D - 0.25x_W - 0.75} \Rightarrow V = 228.57 \text{ kmol/h}$

$D = 228.57 \text{ kmol/h}$

För att lösa komponentbalanserna över avdrivar- och förstärkardel fordras samtliga flöden!

Beräkning av flöden!

$$\begin{aligned}V &= \bar{V} = 228.57 \text{ kmol/h} \\L &= 0.75V \Rightarrow L = 171.43 \text{ kmol/h} \\ \bar{L} &= L + F \Rightarrow \bar{L} = 271.43 \text{ kmol/h} \\W &= 42.86 \text{ kmol/h}\end{aligned}$$

Komponentbalans över **avdrivardelen** systemgräns enligt skiss ovan

$$\begin{aligned}\bar{L}x_{n+1} &= \bar{V}y_n + Bx_B \\x_{n+1} &= \frac{\bar{V}}{\bar{L}}y_n + \frac{B}{\bar{L}}x_B \quad ; \quad x_{n+1} = 0.84y_n + 0.016 \quad \dots(6)\end{aligned}$$

Komponentbalans över **förstärkardelen** systemgräns enligt skiss ovan

$$\begin{aligned}Fx_F + Lx_{m+1} &= Vy_m + Bx_B \\x_{m+1} &= \frac{V}{L}y_m + \frac{(Bx_B - Fx_F)}{L} \quad ; \quad x_{m+1} = 1.33y_m - 0.27 \quad \dots(7)\end{aligned}$$

Jämvikts sambandet kan tecknas utifrån relativa flyktigheten

$$y_n = \frac{\alpha x_n}{1 + (\alpha - 1)x_n} \quad ; \quad y_n = \frac{3x_n}{1 + 2x_n} \quad \dots(8)$$

Index n gäller i avdrivardel och m i förstärkardel!

Sorels metod utnyttjas med beräkning nedifrån med ekvation (6) och (8) till dess avbrottskriteriet x_F uppnås då ekvation (7) och (8) utnyttjas till dess y_D uppnås!
Beräkningarna samlas i tabell enligt nedan.

x, m	$x_{n,m}$	$y_{n,m}$
0	0.10	0.25
1	0.2263	0.4674
2	0.4094	0.6753
3	0.6337	0.8384
4	0.8512	0.9450
5	0.9963	0.9977

För att genomföra separationen fordras fem ideala bottenar samt återkokare.

Svar: Destillatflödet blir 228.57 kmol/h och det fordras 5 ideala bottenar för att genomföra separationen.

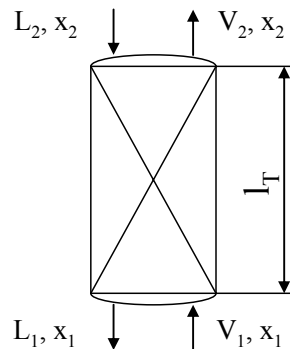
B2.

Data:
 $y_1 = 0.02$
 $V_1' = 2000 \text{ kg/m}^2\text{h}$
 $L_2' = 20000 \text{ kg/m}^2\text{h}$
 $x_2 = 0.0$
 $P_{\text{Ammoniak}} = K \cdot x_{\text{Ammoniak}}$
 $K = 2.7$
 $H_{oG} = 0.9 \text{ m}$

Question: a) Erforderlig pav'ckningshöjd då 90% av ammoniaken ska absorberas
b) Minimalt flöde av lösningsmedel då 98% av ammoniaken ska absorberas

Solution:

a) Packing height



$$l_T = H_{oG} N_{oG}$$

$$H_{oG} = 0.9$$

$$N_{oG} = \frac{1}{1 - \frac{m \cdot V}{L}} \ln \frac{y_1 - mx_1}{y_2 - mx_2}$$

$$\text{Molbråk} < 0.05 \Rightarrow V_1 = V_2 = V ; L_1 = L_2 = L$$

Räkna om flöden från $\text{kg/m}^2 \cdot \text{h}$ till $\text{kmol/ m}^2 \cdot \text{h}$

$$\text{Gasflöde } V = \frac{V'}{M_{\text{Luft}}} \Rightarrow V = 69.35 \text{ kmol/ m}^2 \cdot \text{h}$$

$$\text{Vätskeflöde } L = \frac{L'}{M_{\text{Vattenr}}} \Rightarrow L = 1111 \text{ kmol/ m}^2 \cdot \text{h}$$

Operating line:

$$\left. \begin{array}{l} Vy + L_2 x_2 = Vy_2 + Lx \\ x_2 = 0.0 \end{array} \right\} x = \frac{V}{L} y + \frac{V}{L} y_2$$

Jämviktsamband:

$$\left. \begin{aligned} P_{\text{Ammoniak}} &= K \cdot x_{\text{Ammoniak}} \\ P_{\text{Ammoniak}} &= P \cdot y_{\text{Ammoniak}}^* \end{aligned} \right\} y^* = K \cdot x \quad \text{Index "Ammonia" används ej!}$$

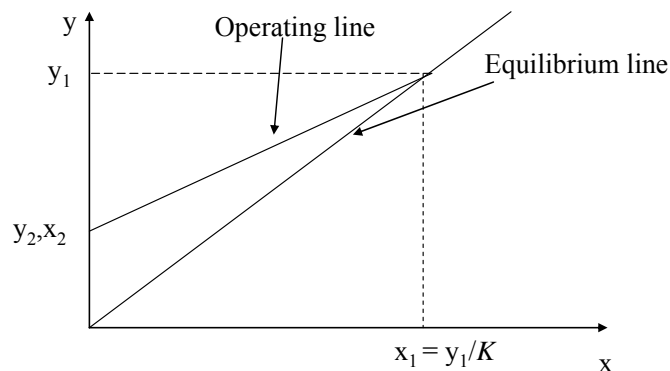
$$\underline{y_2}: \quad (1 - 0.90)Vy_1 = Vy_2 \quad \Rightarrow \quad y_2 = 0.002$$

$$\underline{N_{oG}}: \quad N_{oG} = \frac{1}{1 - \frac{m \cdot V}{L}} \ln \frac{y_1 - mx_1}{y_2 - mx_2}$$

$$N_{oG} = 2.57$$

$$\underline{l_T}: \quad l_T = H_{oG}N_{oG} \quad \underline{l_T = 2.3 \text{ m}}$$

b) Minimalt flöde av lösningsmedel.



Driftlinje vid minimalt flöde..

$$\frac{L_{\min}}{V} = \frac{y_1 - y_2}{x_1 - x_2} \quad \Rightarrow \quad \frac{L_{\min}}{V} = \frac{y_1 - y_2}{\frac{y_1}{K} - x_2}$$

$$\underline{y_2}: \quad (1 - 0.98)Vy_1 = Vy_2 \quad \Rightarrow \quad y_2 = 4 \cdot 10^{-4}$$

$$\underline{\frac{L_{\min}}{V}}: \quad \frac{L_{\min}}{V} = \frac{0.02 - 4 \cdot 10^{-4}}{\frac{0.02}{2.7} - 0} \quad \Rightarrow \quad \frac{L_{\min}}{V} = 2.65$$

$$\underline{L_{\min} = 183.5 \text{ kmol/m}^2 \cdot \text{h}}$$

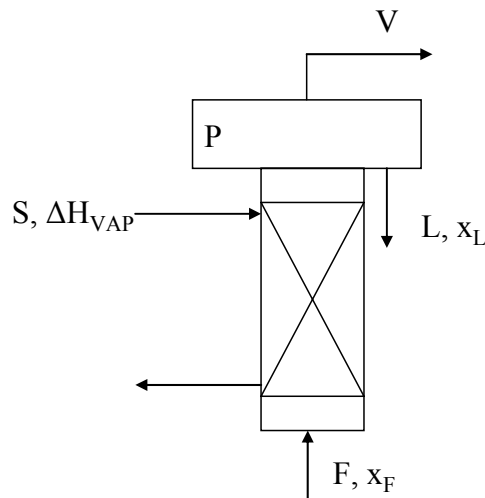
Svar: Erforderlig packningshöjd 2.3 m minimalt flöde av lösningsmedel 183.5 kmol/ m²·h.

B3.

Data: $F = 4500 \text{ kg/h}$
 $x_F = 0.15$
 $T_F = 60^\circ\text{C}$
 $x_L = 0.55$
 $P_S = 2.2 \text{ bar}$
 $P = 0.20 \text{ bar}$
 $U_{SKB} = 1560 \text{ W/m}^2\text{K}$

Sökt: S, A

Lösning:



Färskångbehovet, S, löses ur värmebalans över effekten

$$S\Delta H_{VAP} + Fh_F = VH_V + Lh_L$$

Strömmar V och L söks

$$\begin{aligned} F &= V + L \\ Fx_F &= Lx_L \quad \Rightarrow \quad L = 1227.27 \text{ kg/h} \\ V &= F - L \quad \Rightarrow \quad V = 3272.73 \text{ kg/h} \end{aligned}$$

Entalpier: $\Delta H_{VAP} = \{P_S = 2.2 \text{ bar}\} = 2193.38 \text{ kJ/kg}$
 $h_F = \{T_F = 55^\circ\text{C}, x_F = 0.15\} = 210 \text{ kJ/kg}$
 $h_L = \{T_L = 108^\circ\text{C}, x_L = 0.55\} = 640 \text{ kJ/kg}$
 $H_V = \{T_V = 108^\circ\text{C}, P = 0.2 \text{ bar}\} = 2700 \text{ kJ/kg}$

$$S = \frac{VH_V + Lh_L - Fh_F}{\Delta H_{VAP}} \quad \Rightarrow \quad S = 3955.91 \text{ kg/h}$$

Indunstningsytan bestäms ur kapacitetsekvationen

$$\left. \begin{aligned} S \Delta \Delta_{\text{VAP}} &= U_{\text{SKB}} A \Delta \Delta \\ \Delta T &= T_s - T = 123.27 - 108 \end{aligned} \right\} A = 101 \text{ m}^2$$

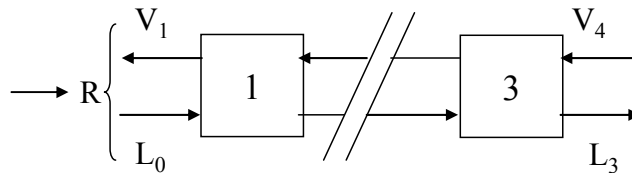
Svar: 3955.91 kg/h resp. 101 m²

B4.

Data: n=3
 $L_0 = 2 \text{ kg/s}$
 $x_A^0 = 0.30$
 $V_1 = 1 \text{ kg/s}$
 $y_A^1 = 0.50$
 $\frac{S+A}{C} = 1$

Sökt: $y_A^4, \frac{L_0 x_A^0 - L_3 x_A^3}{L_0 x_A^0}$

Lösning:



Den fiktiva strömmen R beräknas till storlek och sammansättning. Detta används sedan för att konstruera polen R i triangeldiagram.

R → :	$R = L_0 - V_1$	$R = 1 \text{ kg/s}$
A → :	$R x_A^R = L_0 x_A^0 - V_1 y_A^1$	$x_A^R = 0.10$
S → :	$R x_S^R = -V_1 y_S^R$	$x_S^R = -0.50$
C → :	$R x_C^R = L_0 x_C^0$	$x_C^R = 1.40$

Triangeldiagram konstrueras. Geometrisk orten för underströmmarna ges av $\frac{S+A}{C} = 1$

Vilket ger $x_S = \frac{1}{2} - x_A$

”Stegning” i triangeldiagram dvs lösning av materialbalanser och jämviktsbegrepp ger att $y_A^4 \approx 0.10$. Ingående extraktfas innehåller således 10 vikt-% olja.

Storleken på strömmen L_3 bestäms med hjälp av hävstångsregeln.

$$\left. \begin{array}{l} L_3 a = R(a+b) \\ a = 50 \\ a+b = 140 \end{array} \right\} L_3 = 2.8 \text{ kg/s}$$
$$\frac{L_0 x_A^0 - L_3 x_A^3}{L_0 x_A^0} \cdot 100 = 53 \%$$

Svar: Ca 10 vikt-%olja ; 53 %