

FENOMENE DE TRANSFER

și

OPERATII UNITARE

An studiu	Semestrul	Durata (săptămâni)	Curs	Seminar	Laborator	Proiect	Credite	Total ore semestru	
			Ore săptămânal					Total ore	Studiu individual
III IPMI	2	14	3	0	1	0	4	56	56

An studiu	Semestrul	Durata (săptămâni)	Curs	Seminar	Laborator	Proiect	Credite	Total ore semestru	
			Ore săptămânal					Total ore	Studiu individual
II IPA, IB	2	14	3	2	0	0	5	70	70

STABILIREA NOTEI FINALE

Forma de verificare (Examen, Colocviu, Verificare pe parcurs)		examen	
Modalitatea de susținere (Scriș și Oral, Oral, Test grilă, etc.)		oral	Puncte sau procentaj
NOTARE	Răspunsuri la examene, colocviu		25 %
	Evaluare activități aplicative (laborator, seminar)		25 %
	Prezență activă la curs și seminar		*
	Lucrare de verificare		25 %
	Teme de casă		25 %
	Alte activități (specificați)		-
	TOTAL PUNCTE SAU PROCENTE		10 (100%)

BIBLIOGRAFIA

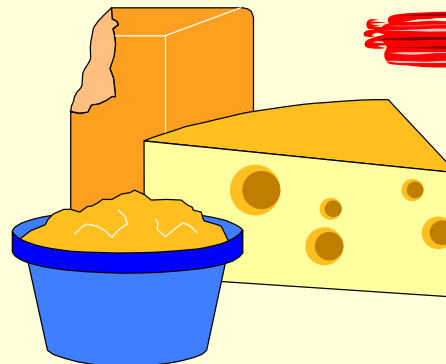
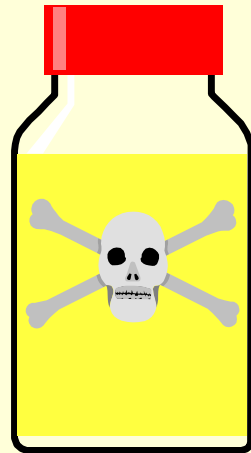
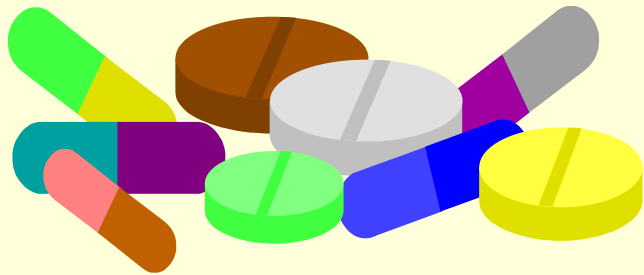
- Gavrilă, L.: *Fenomene de transfer*, vol. I-II, Ed. Alma Mater, Bacău, 2000;
- Gavrilă, L.: *Fenomene de transfer și operații unitare*, note de curs, format electronic, Bacău, 2010;
- Tudose, R.Z.: *Ingineria proceselor fizice din industria chimică*, vol. I, Ed. Academiei Române, București, 2000.

OBIECTIVE

- Însușirea cunoștințelor teoretice privind transferul de impuls, caldură și masă, vizând aplicațiile în:
 - ingineria proceselor din:
 - industria alimentară;
 - biotehnologii industriale, alimentare, de protecția mediului;
 - industria farmaceutică, etc.
 - ingineria și protecția mediului

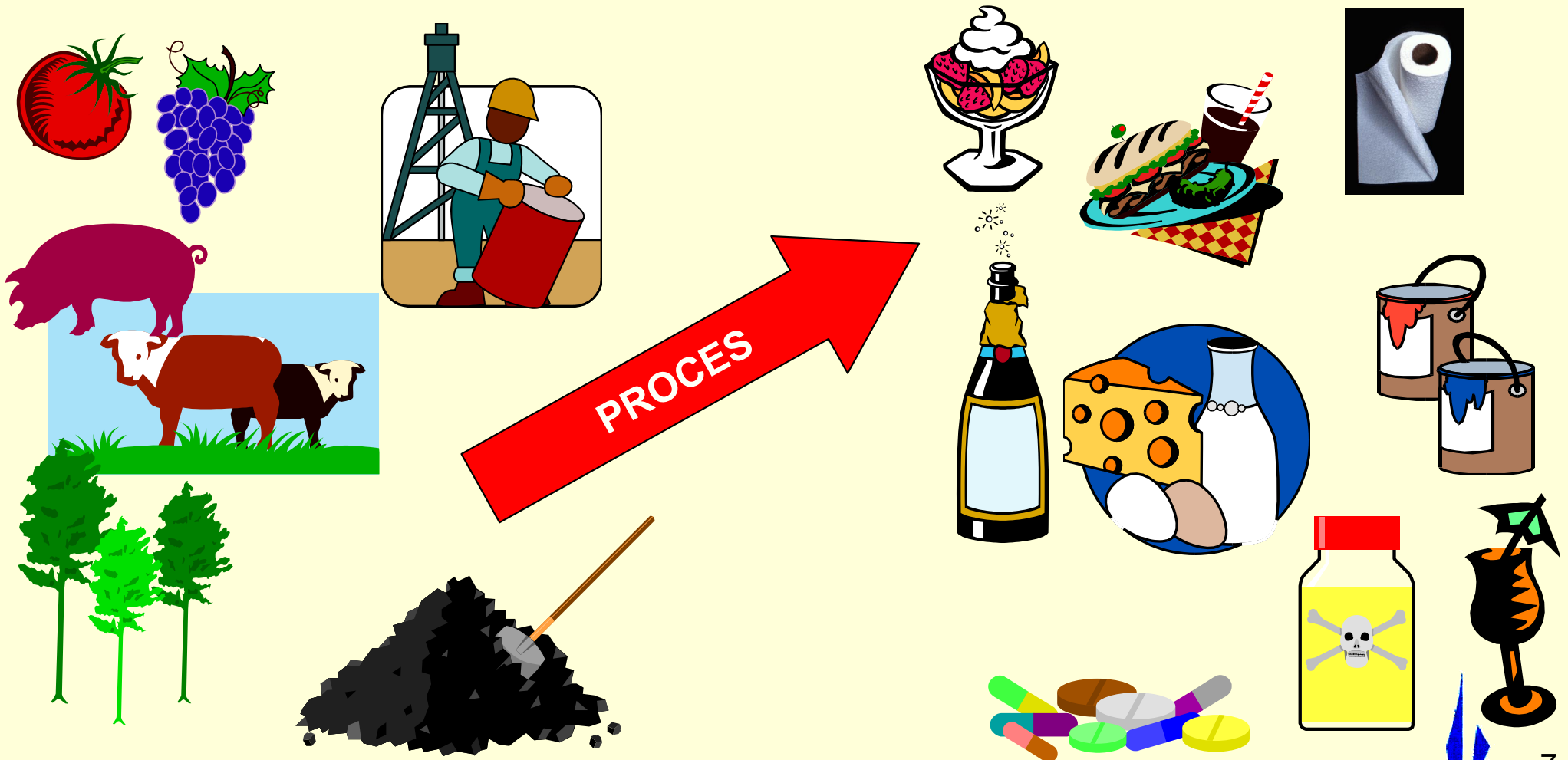
ÎNTREBARE:

Ce au în comun toate aceste produse ?



RASPUNS:

Toate sunt produse rezultate dintr-o
INDUSTRIE DE PROCES.

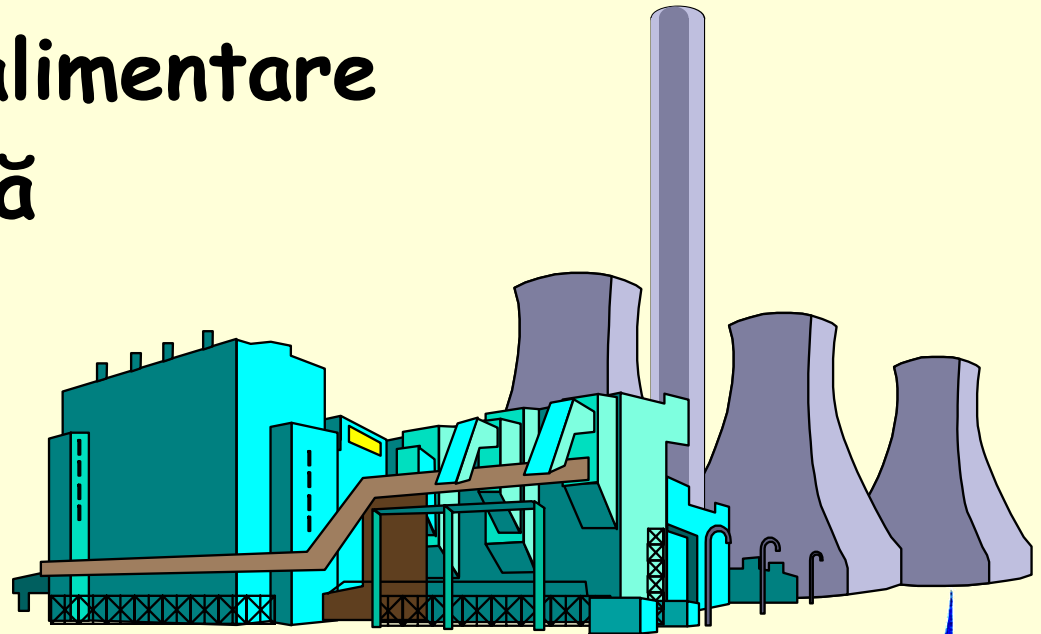


INDUSTRIILE DE PROCES

- Sunt industrii bazate pe **proces**
tehnologice în urma cărora materiile prime (naturale, artificiale sau sintetice) sunt transformate, printr-o succesiune de procese (mecanice, fizice, chimice, biochimice), care au drept urmare modificarea stării, compoziției sau conținutului lor energetic, în scopul obținerii unor produse finite sau semifabricate de valoare și utilitate superioară.

Exemple de industrii de proces:

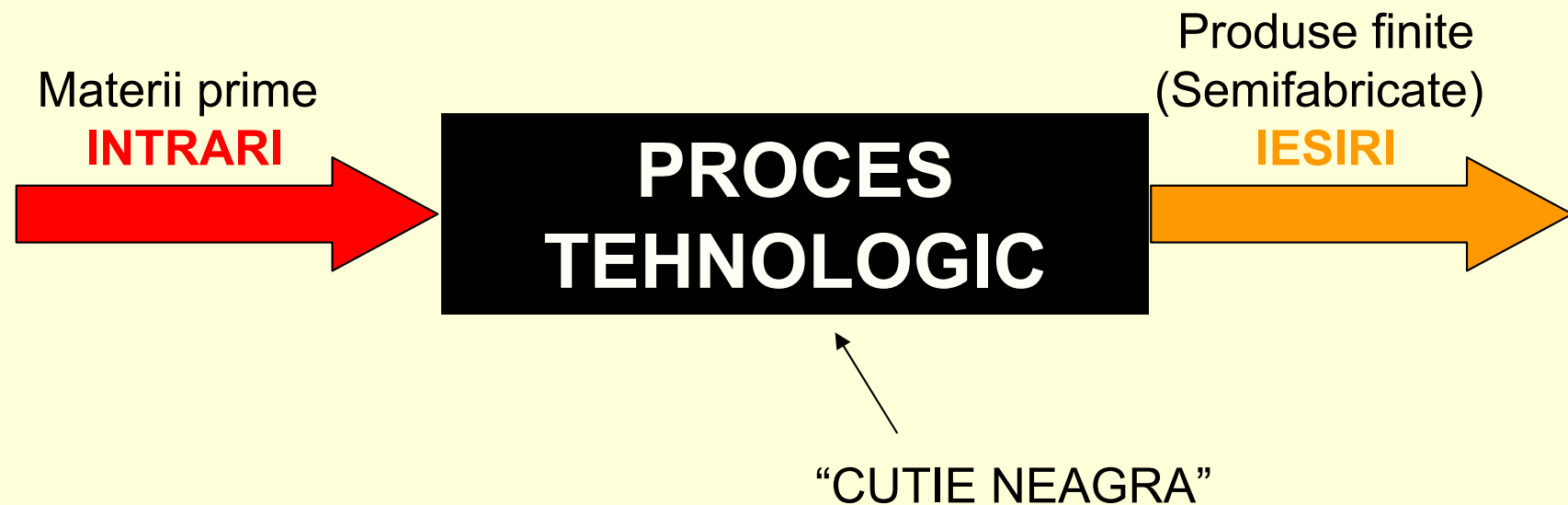
- Industria chimică
- Rafinarea petrolului
- Industria petrochimică
- Industria celulozei și hârtiei
- Industria produselor alimentare
- Industria farmaceutică
- Industria metalurgică
- Energetica



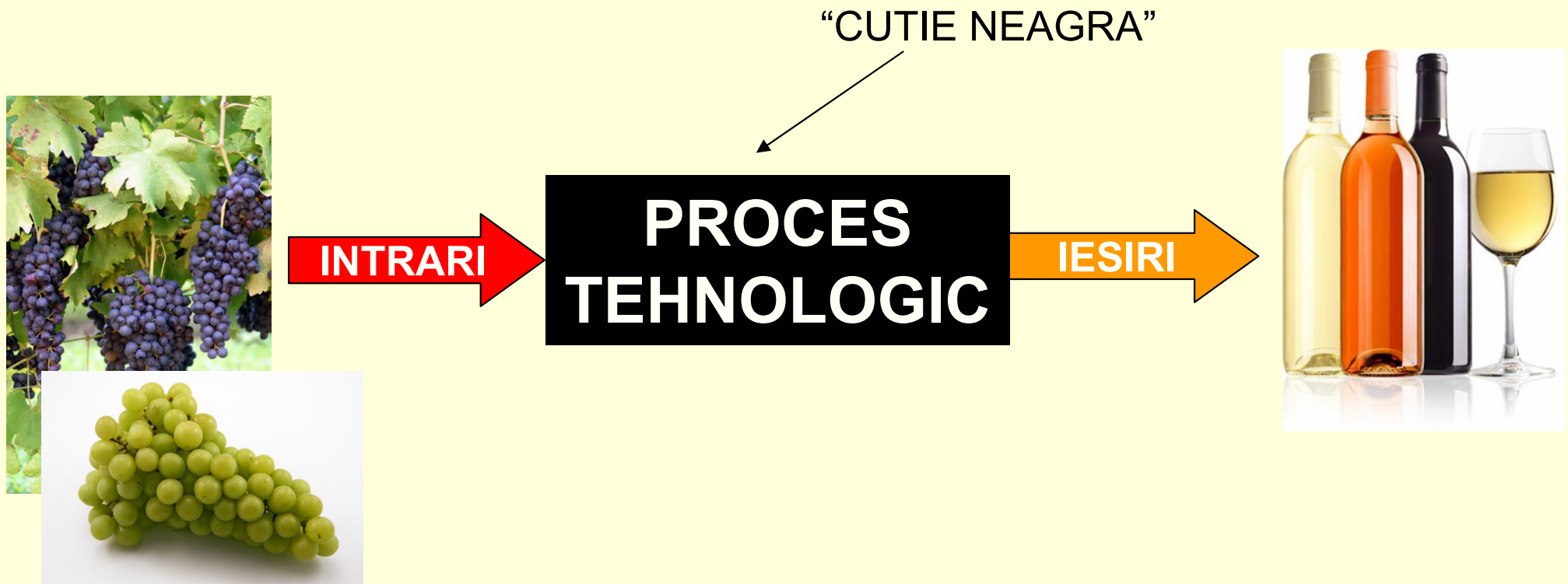
Tehnologie, Proces tehnologic

- **TEHNOLOGIE** = totalitatea cunostintelor privind procesele si mijloacele folosite pentru realizarea unei productii intr-un mod organizat si rational;
 - Technos - mestesug
 - Logos - stiinta
- **PROCES** = evolutia in timp si/sau in spatiu a unui sistem dat;
- **PROCES TEHNOLOGIC** = o serie de etape parcurse de catre materiile prime pana la transformarea acestora in produse finite.

Procesul tehnologic



Procesul tehnologic



Materii prime

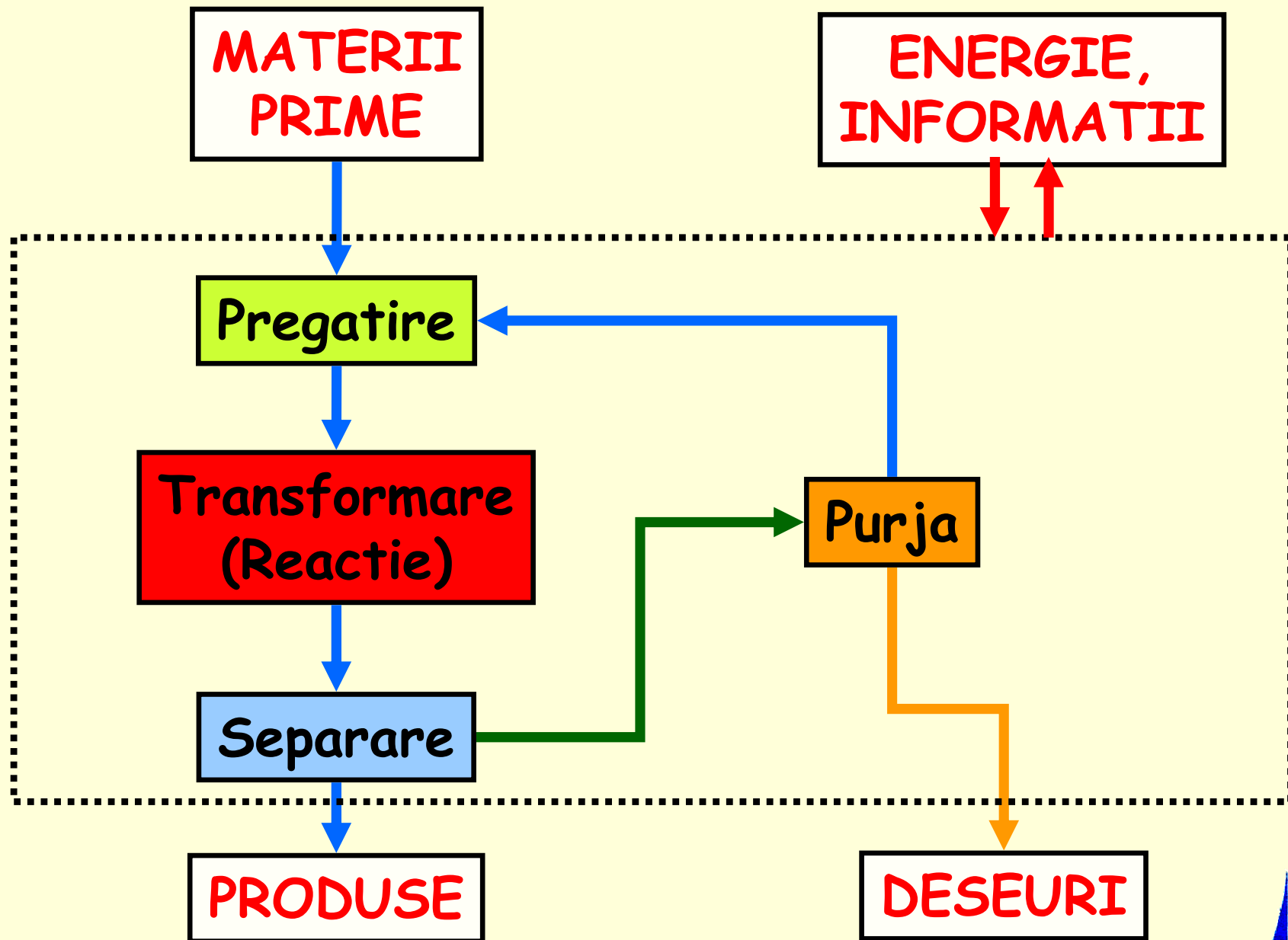
Produse finite

PROCESUL TEHNOLOGIC

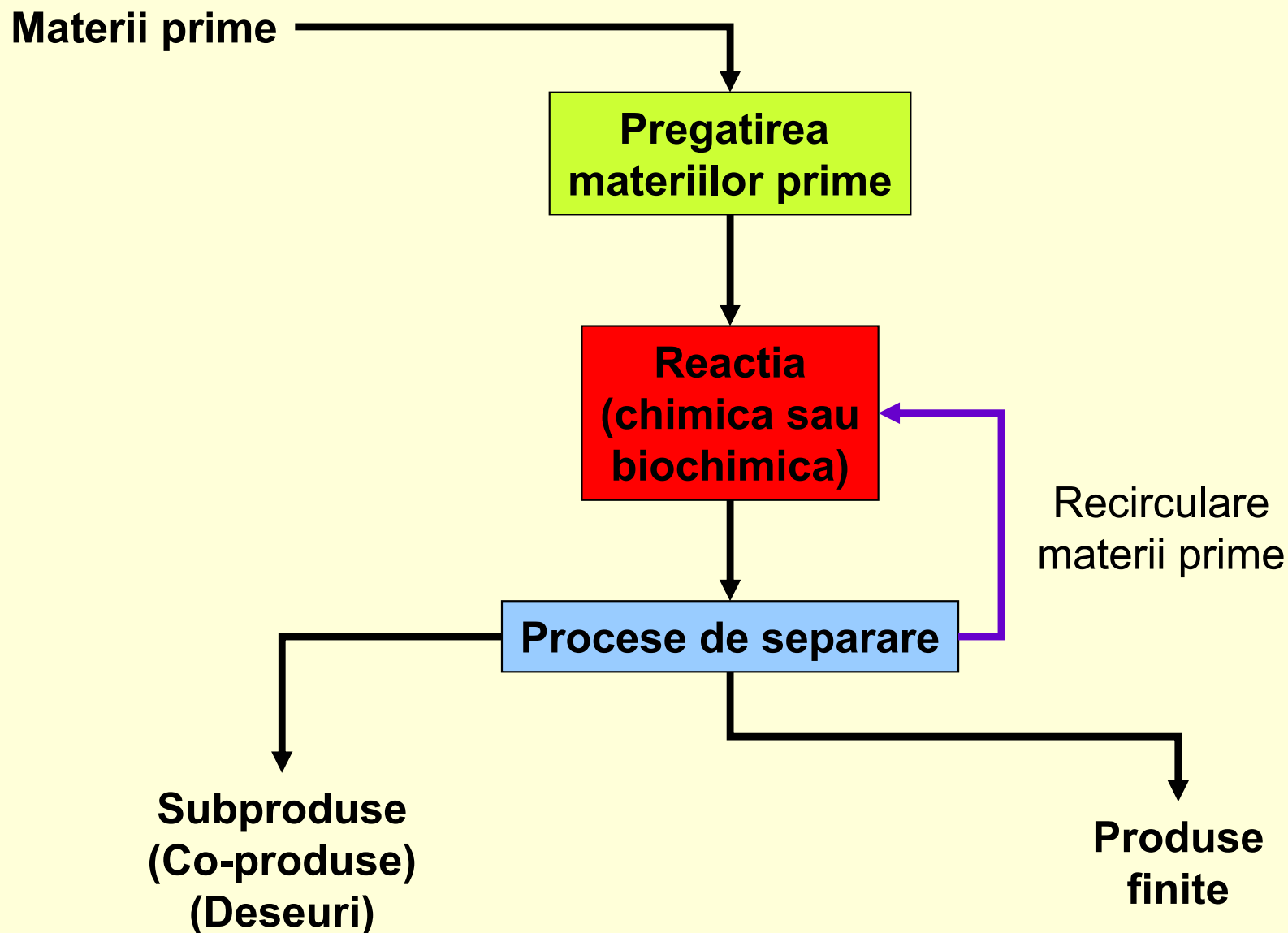


- Oricat de **complex** ar fi, un **PROCES TEHNOLOGIC** este format dintr-o succesiune de operatii bazate pe procese fizice si/sau chimice:
 - Operatii de **pregatire a materiilor prime** (bazate pe fenomene fizice);
 - Operatii de **transformare moleculara** (bazate pe fenomene chimice);
 - Operatii de **separare a produselor** (bazate pe fenomene fizice).

PROCESUL TEHNOLOGIC



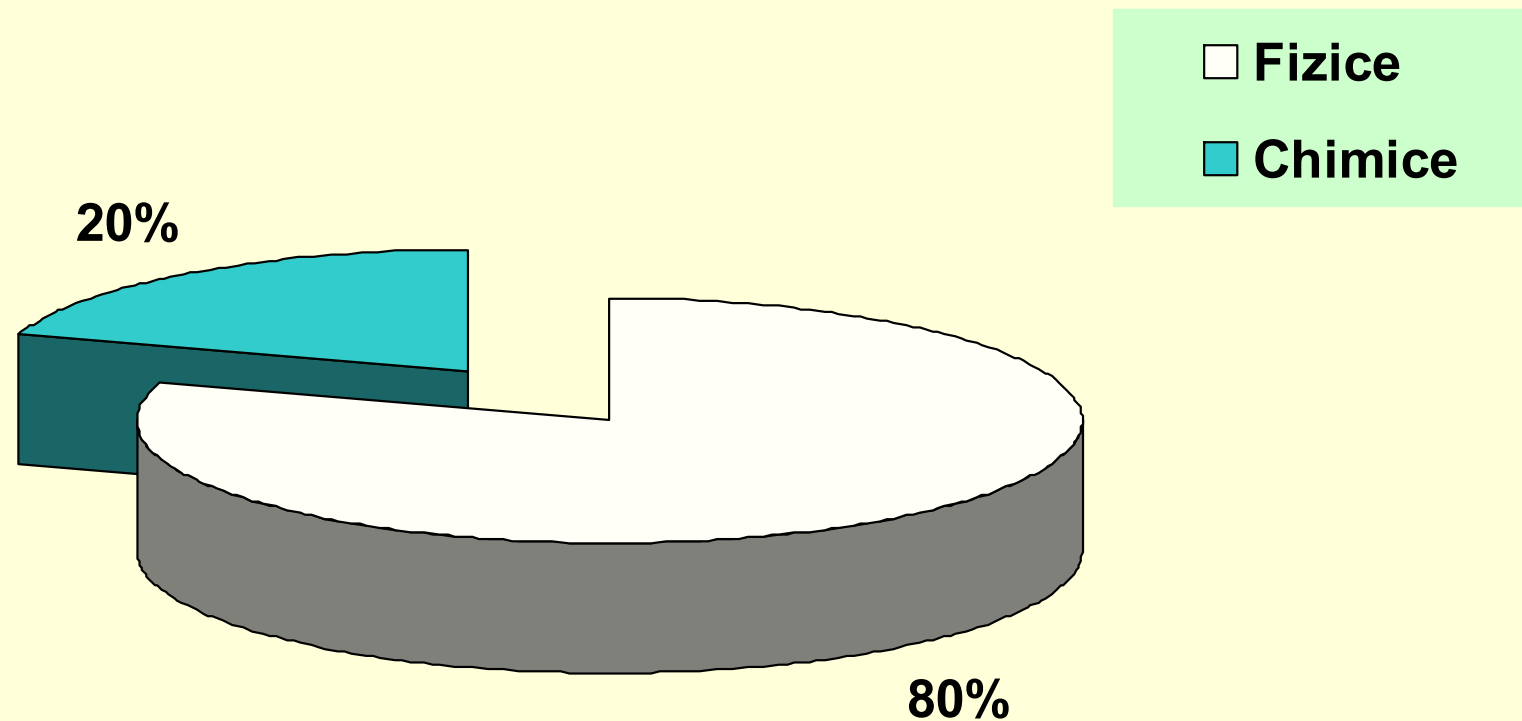
PROCESUL TEHNOLOGIC



PROCESUL TEHNOLOGIC

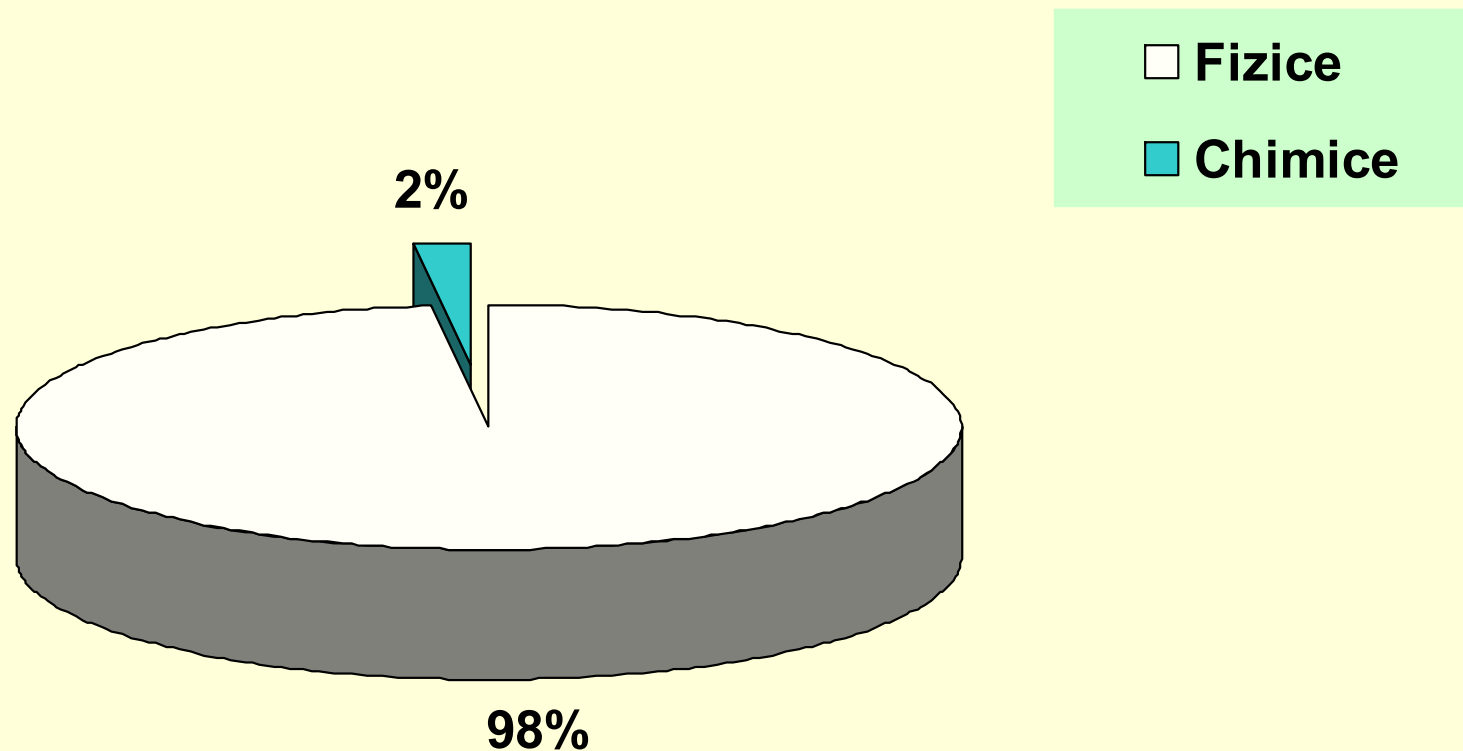
- **Procesul tehnologic** = ansamblul proceselor mecanice, fizice, chimice și biochimice componente, concomitente sau ordonate în timp, necesare pentru obținerea unui anumit produs.

PROCESUL TEHNOLOGIC



Proportia dintre procesele fizice si chimice in industriile de proces

PROCESUL TEHNOLOGIC



Proportia dintre procesele fizice si chimice in industriile de proces

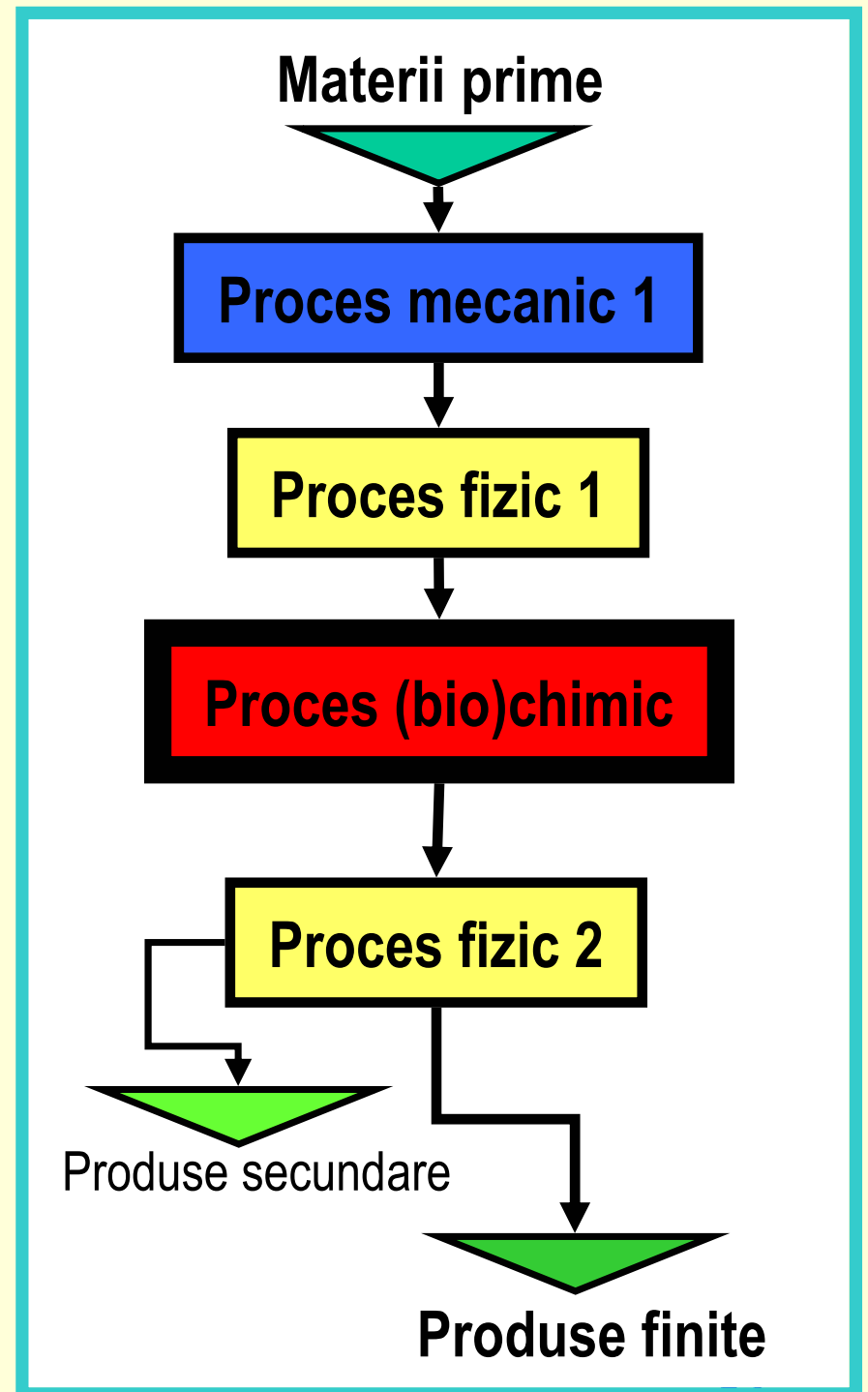
Clasificarea proceselor componente ale unui proces tehnologic

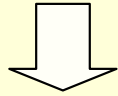
Tipul procesului	Modificările suferite de materiale	Utilajele în care se desfășoară	Exemple de	
			proces	utilaje
mecanic	de formă și/sau dimensiuni	mașini	măcinare	mori
fizic	de presiune, temperatură, concentrație, stare de agregare	aparate	distilare	coloane de distilare
chimic	de specii moleculare sau ionice	reactoare	hidrogenarea uleiurilor vegetale	reactoare catalitice
bio-chimic	de specii moleculare sau ionice, în prezența unor organisme vii	bioreactoare	fermentare	linuri

PROCESUL TEHNOLOGIC

- Flux tehnologic = ordonarea liniară, reprezentată grafic sau numai mental a proceselor componente de la intrarea în sistem a materiilor prime și până la ieșirea din sistem a produselor finite
- Schema tehnologică (schema bloc) = reprezentarea grafică a proceselor care alcătuiesc fluxul tehnologic

Schema tehnologica (schema bloc)





RECOLTARE



ZDROBIRE



PRESARE



Drojdie

FERMENTARE



CLARIFICARE



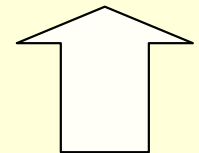
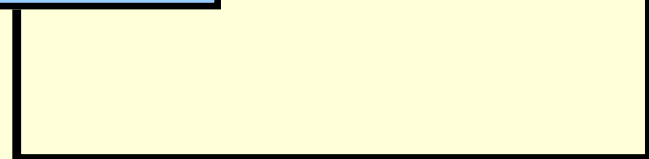
STABILIZARE



DEPOZITARE



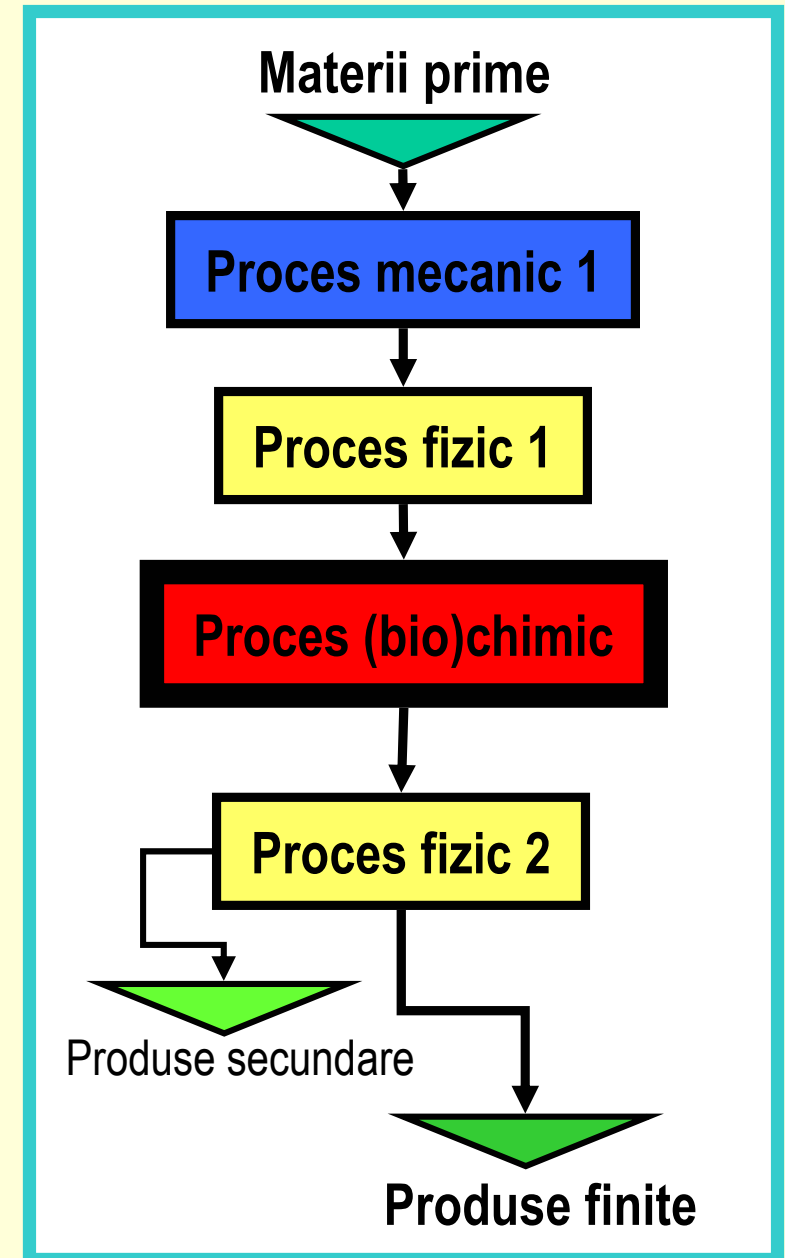
IMBUTELIERE



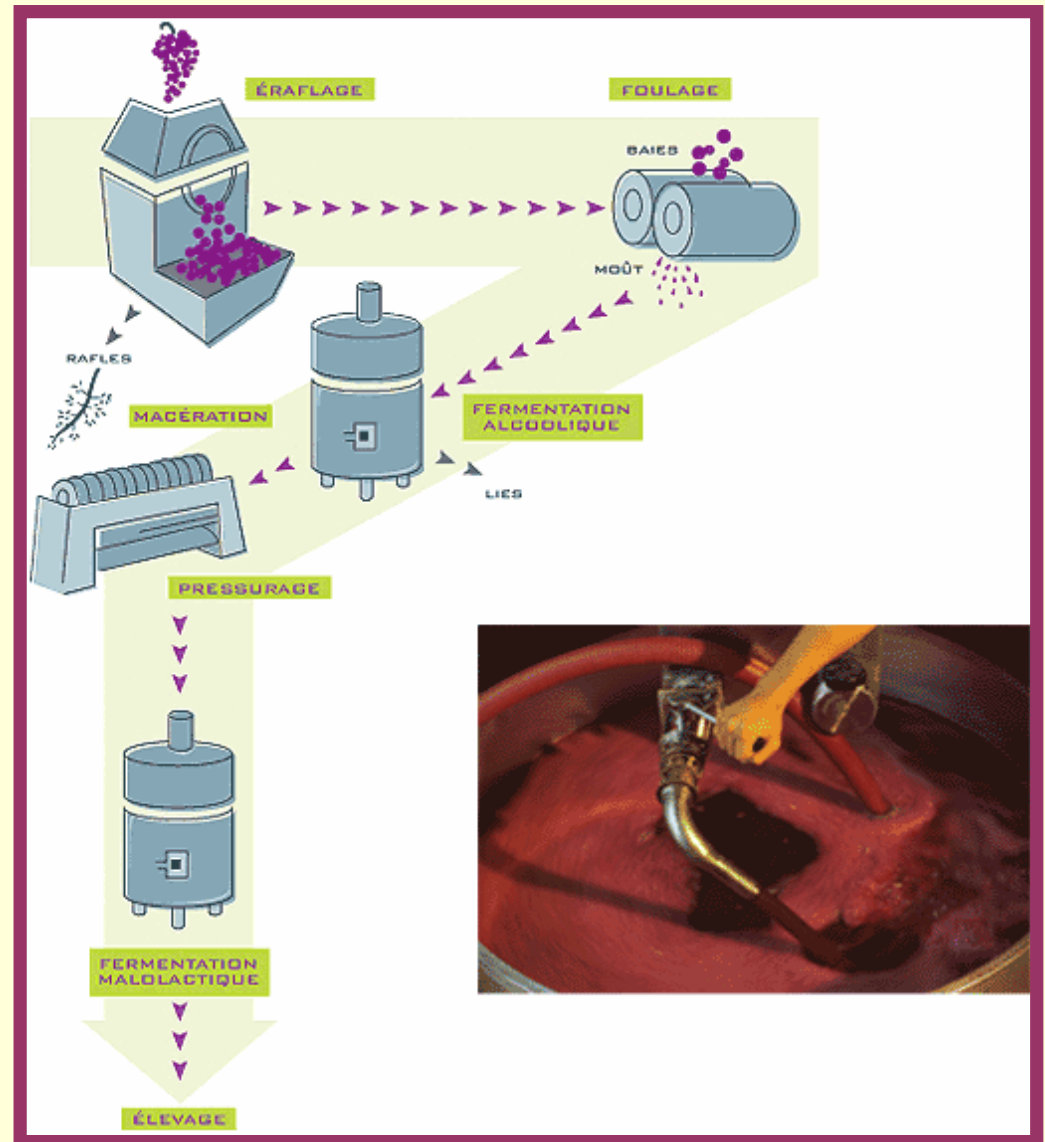
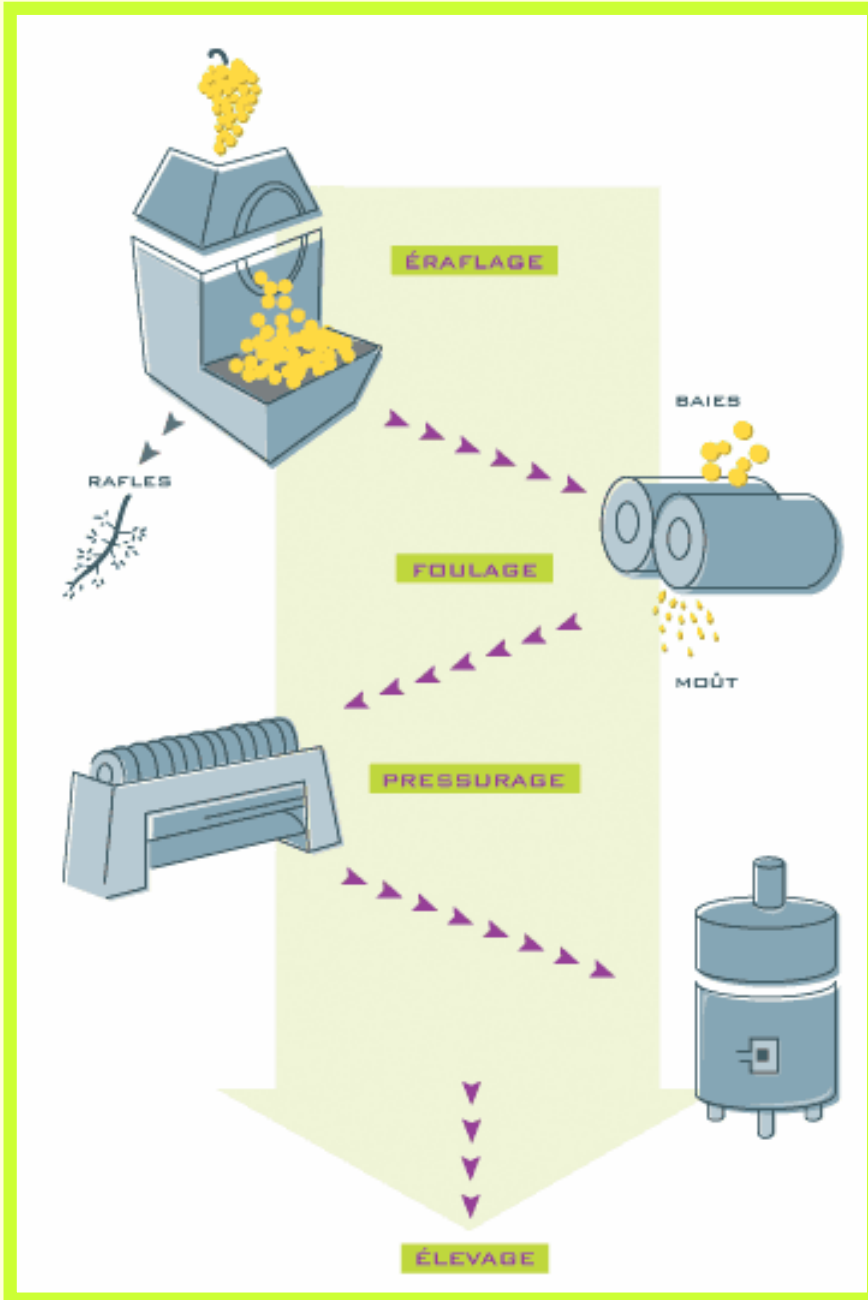
MATURARE

PROCESUL TEHNOLOGIC

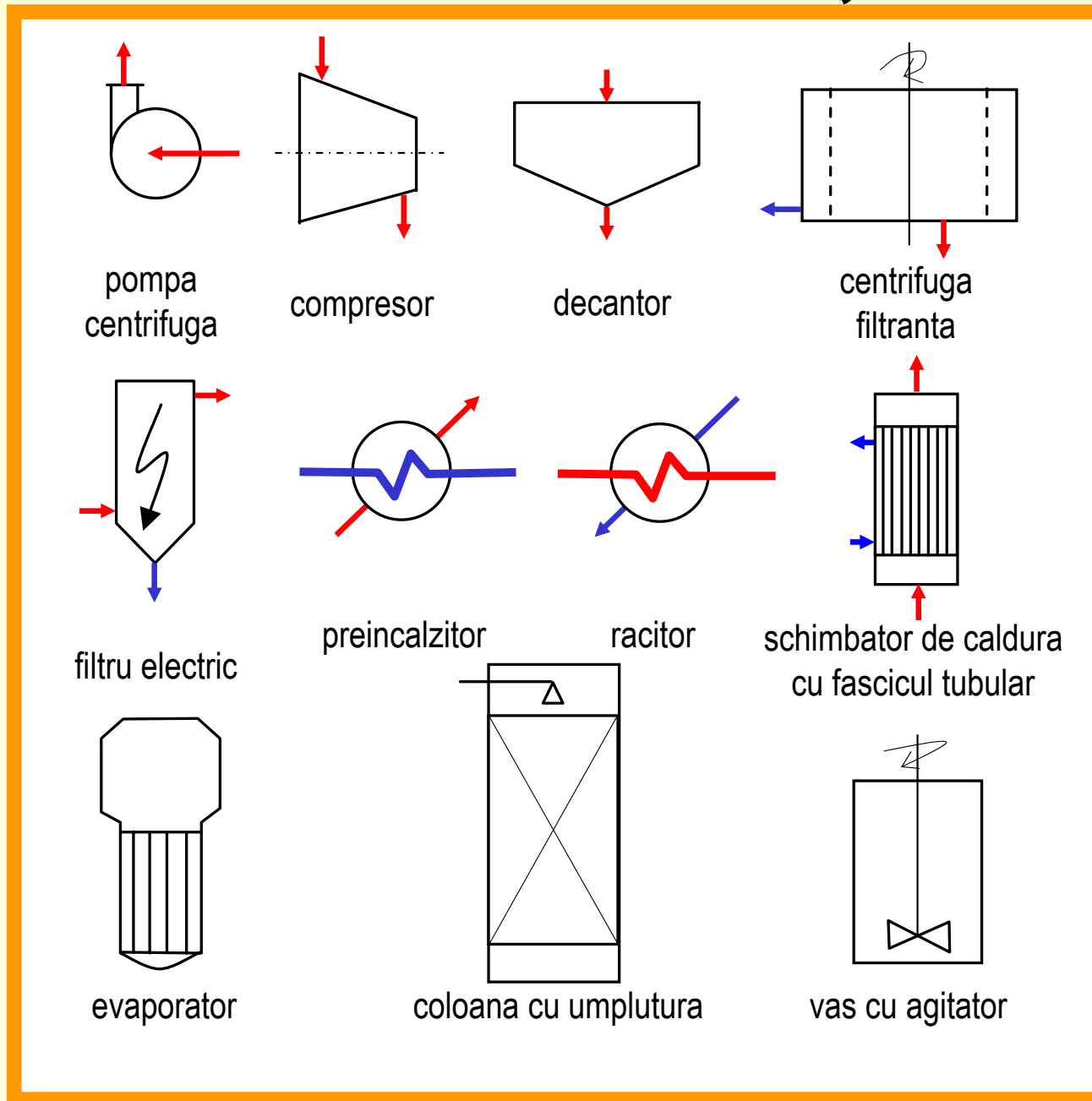
- Dacă în locul proceselor componente sunt schițate utilajele cu care se realizează operațiile procesului tehnologic, se obține **schema instalației** sau **schita tehnologică** a instalației.
- În aceasta, utilajele sunt reprezentate fie prin **simboluri convenționale**, fie prin **forma lor caracteristică simplificată**.



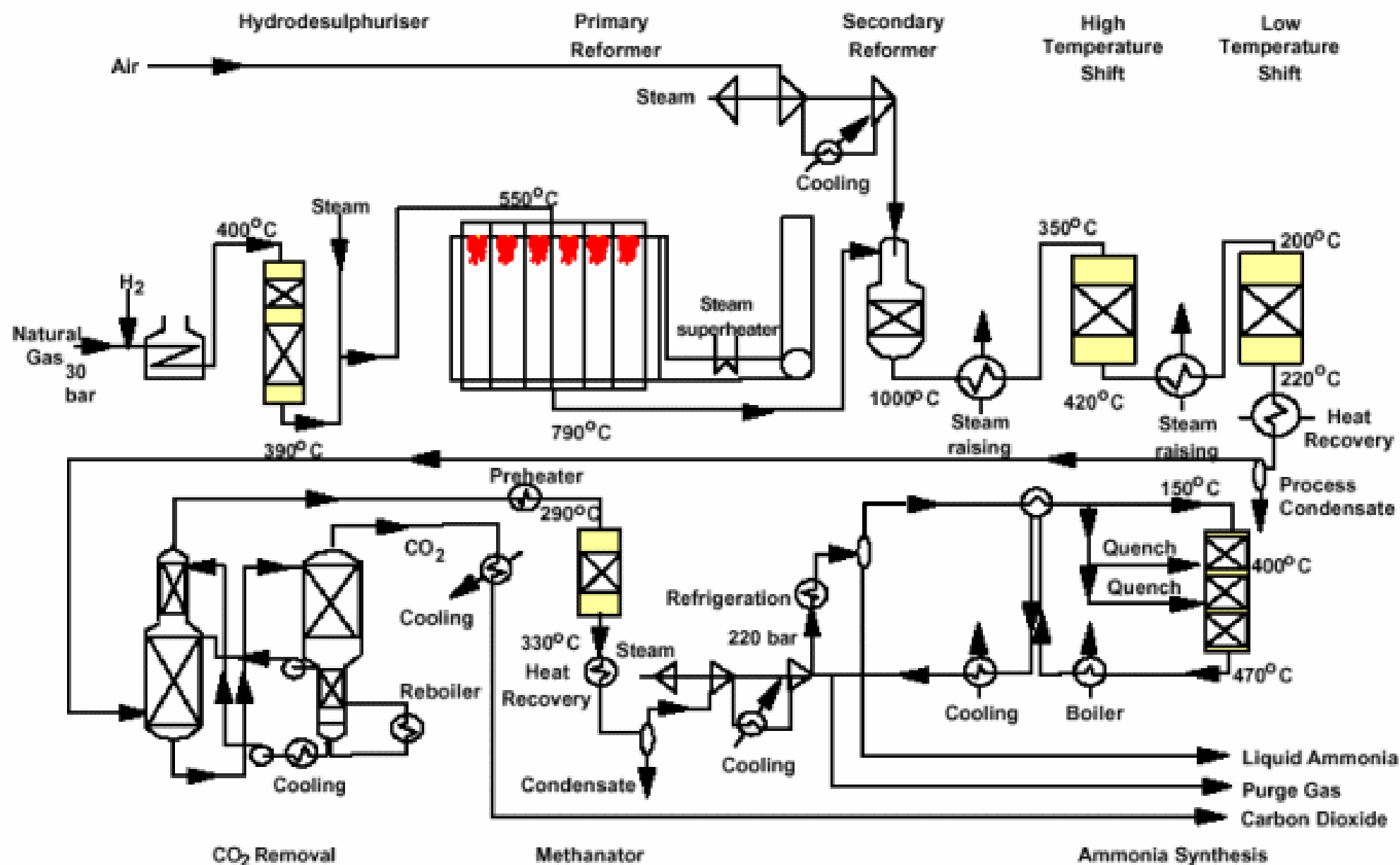
Schite tehnologice vinificatie



SIMBOLURI CONVENȚIONALE

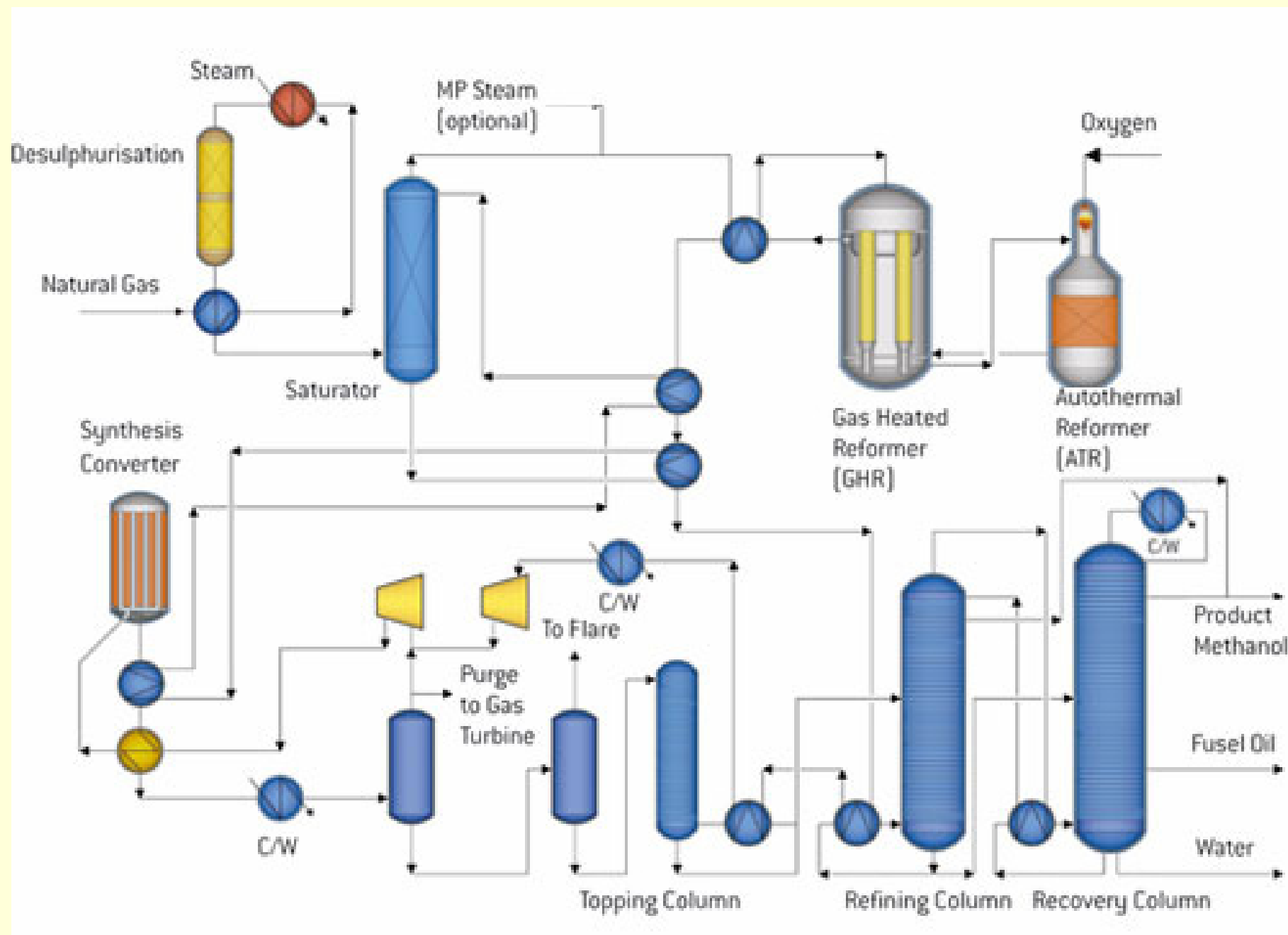


Schita tehnologica: fabricarea amoniacului

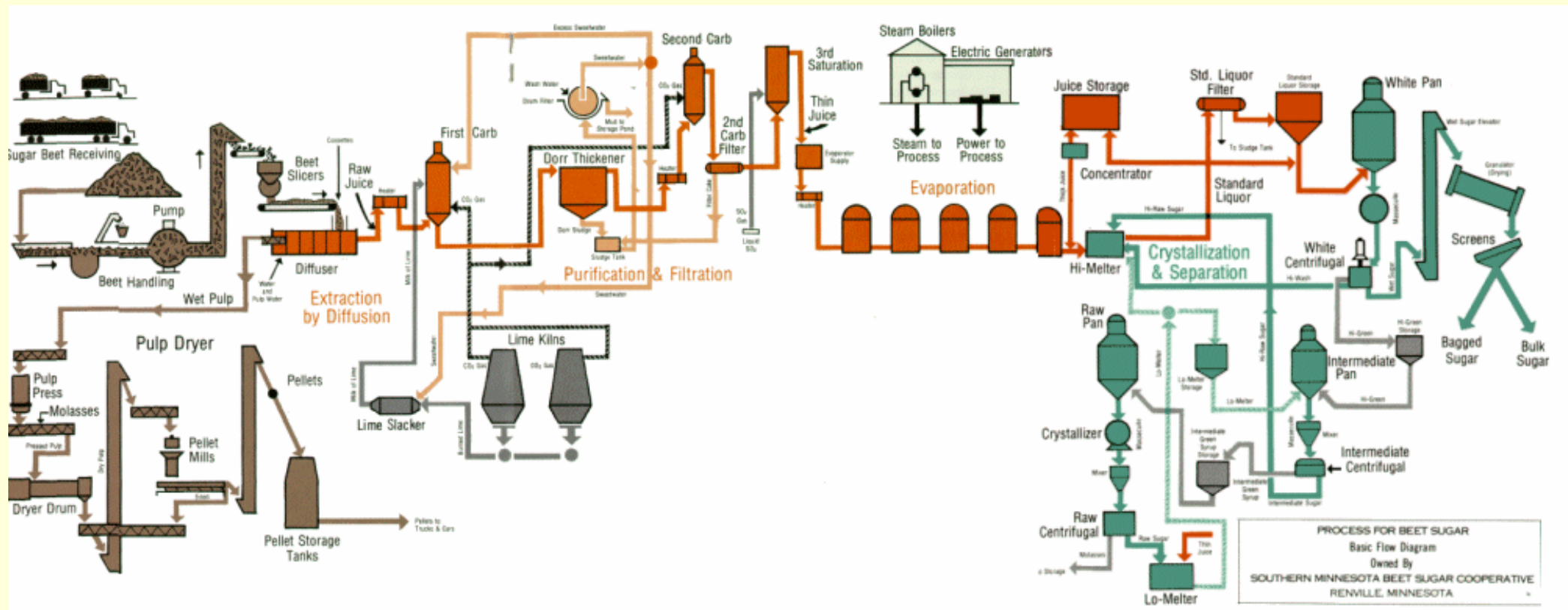


Courtesy of Synetix 6

Schita tehnologica: sinteza metanolului



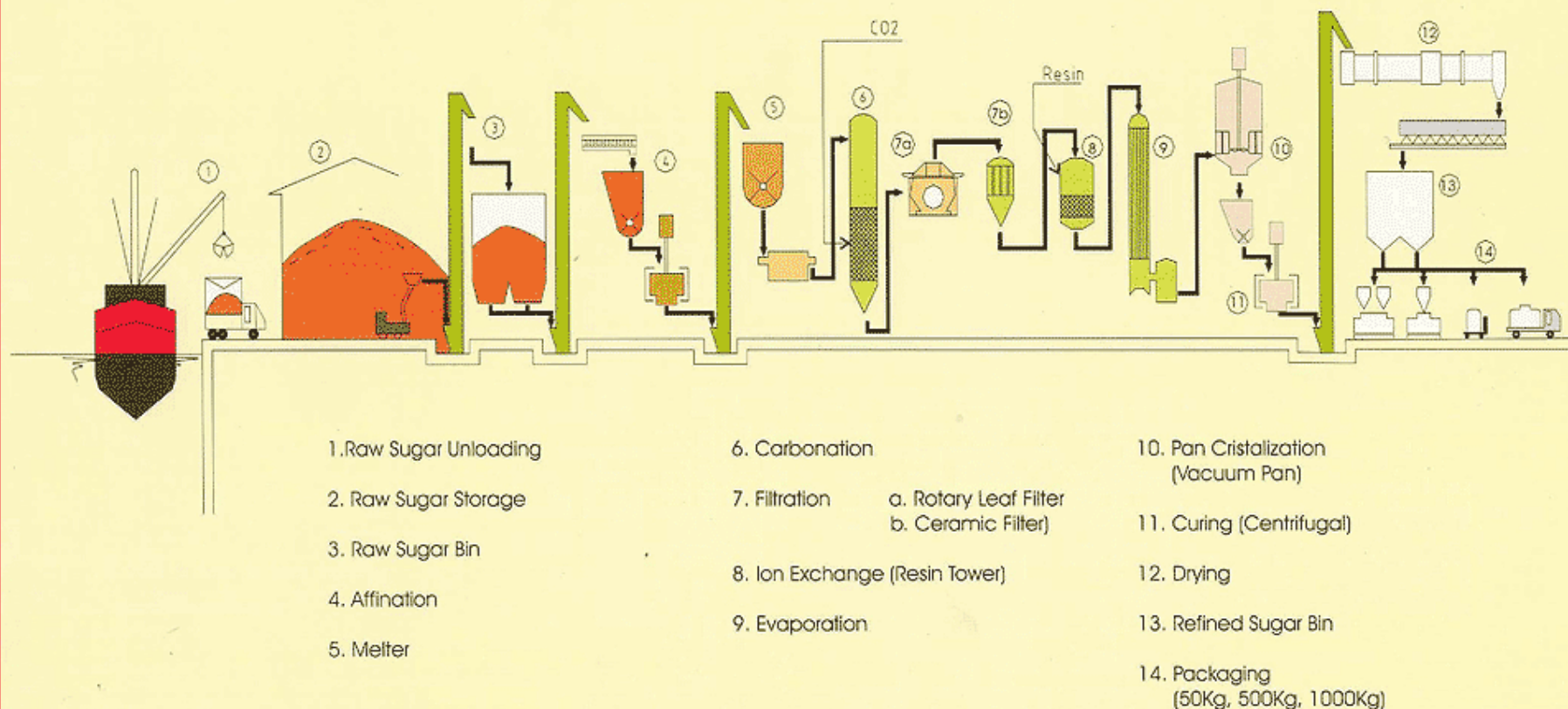
Schita tehnologica: obtinerea zaharului din sfecla



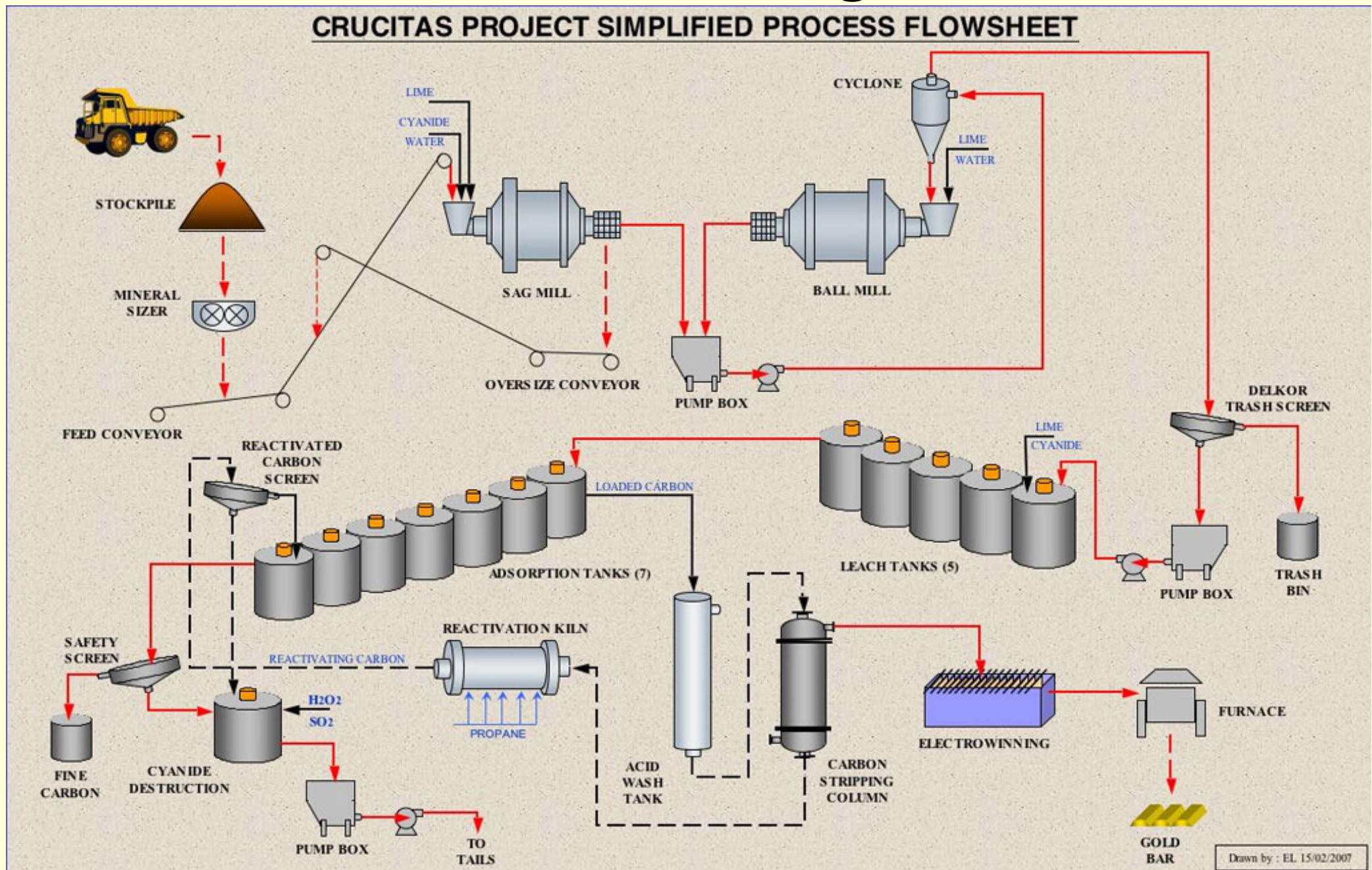
Schita tehnologica: rafinarea zaharului

PT. JAWAMANIS RAFINASI

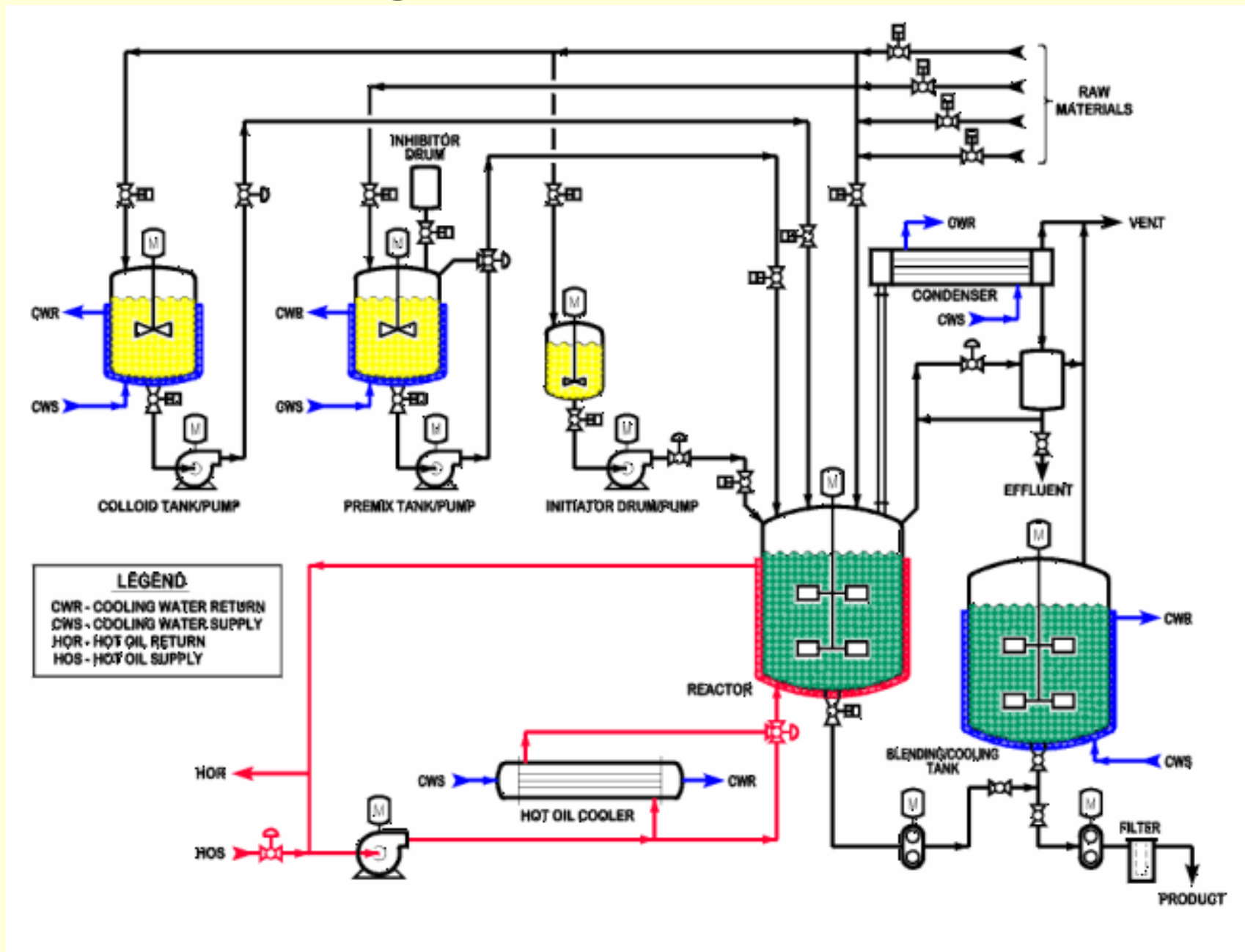
Brief Process Flow Chart



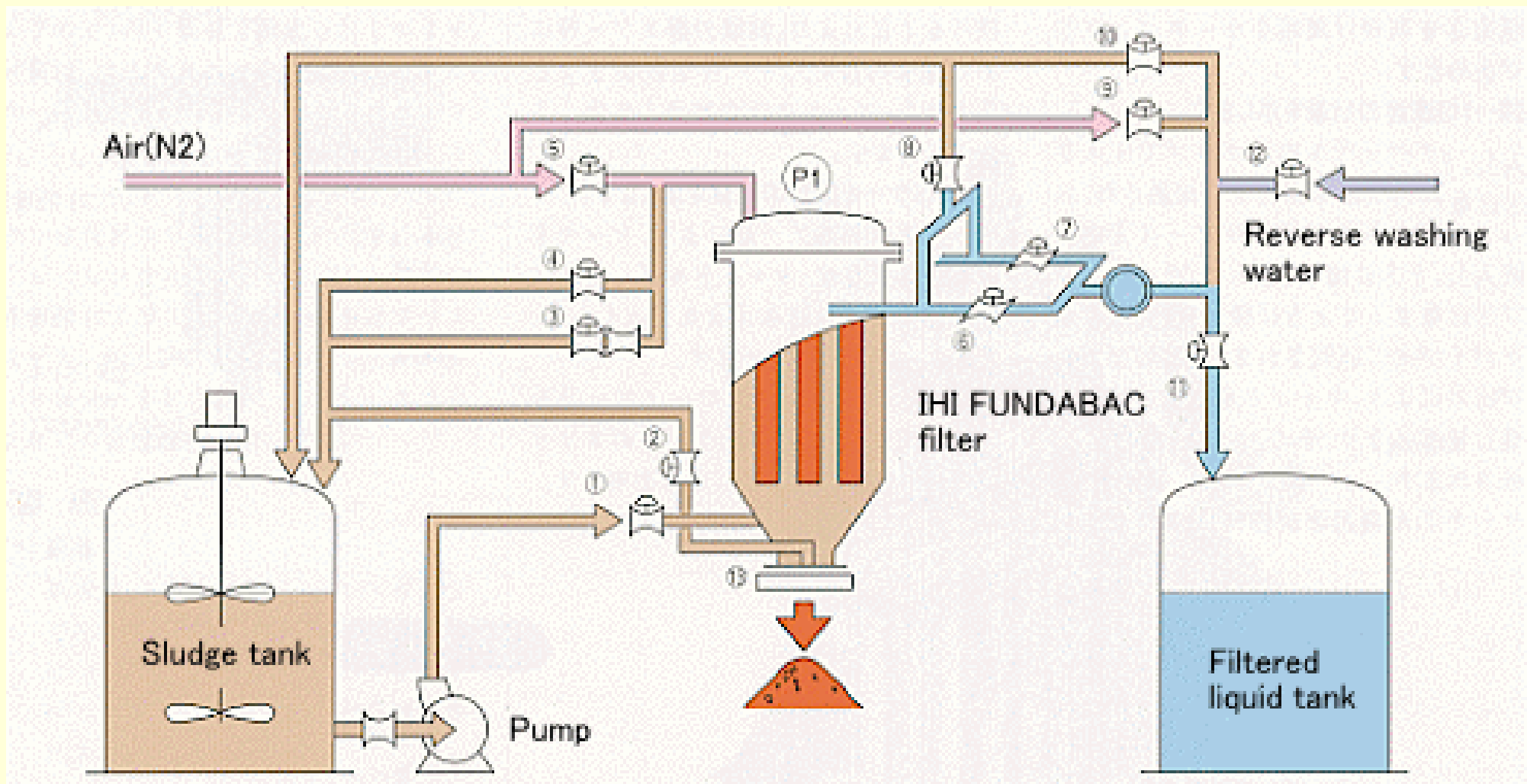
Obtinerea hidrometalurgica a aurului



Schita tehnologica: polimerizarea in emulsie



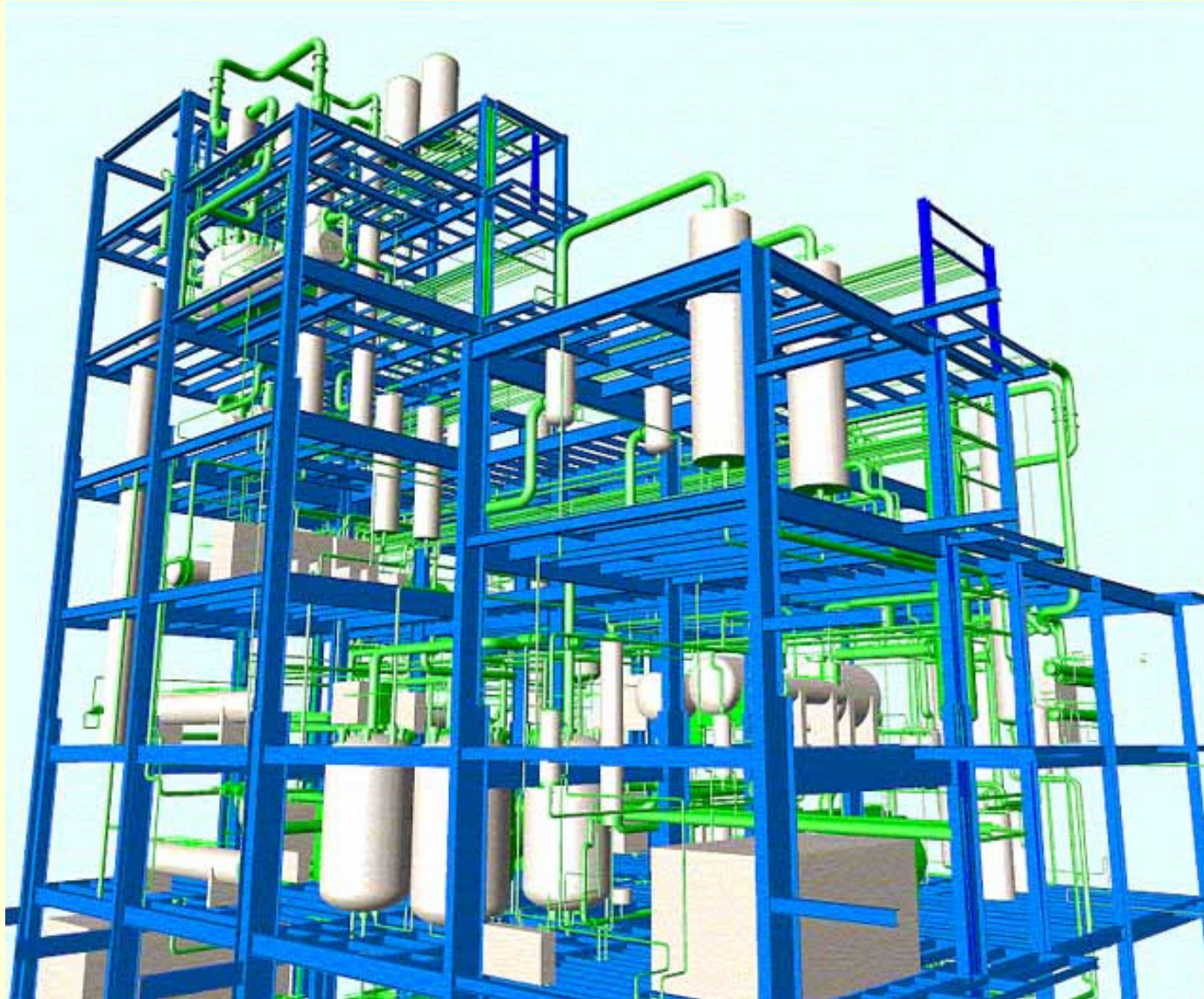
Schita tehnologica: filtrarea



Instalatia tehnologica

- Instalatia tehnologica = suportul material al PROCESULUI TEHNOLOGIC
- INSTALATIA = ansamblul utilajelor (masini, aparate, reactoare) conectate prin intermediul conductelor (prin care circula fluxurile de materiale), prevazuta cu dispozitive de automatizare, masurare si control (AMC).
- Conducerea procesului care are loc in instalatie:
 - Manual
 - Local
 - Centralizat (tablou de comanda)
 - Automat (centralizat) prin intermediul calculatorului de proces.

Instalatia tehnologica



Instalatia tehnologica



Operatii unitare

- Fiecare proces tehnologic este constituit dintr-o serie de **FAZE** distincte, care se regasesc si la alte procese, dar in alta ordine si in alte conditii.
- Conceptul de **OPERATIE UNITARA** permite sistematizarea unui nr. foarte mare de procese tehnologice.

Operatii unitare

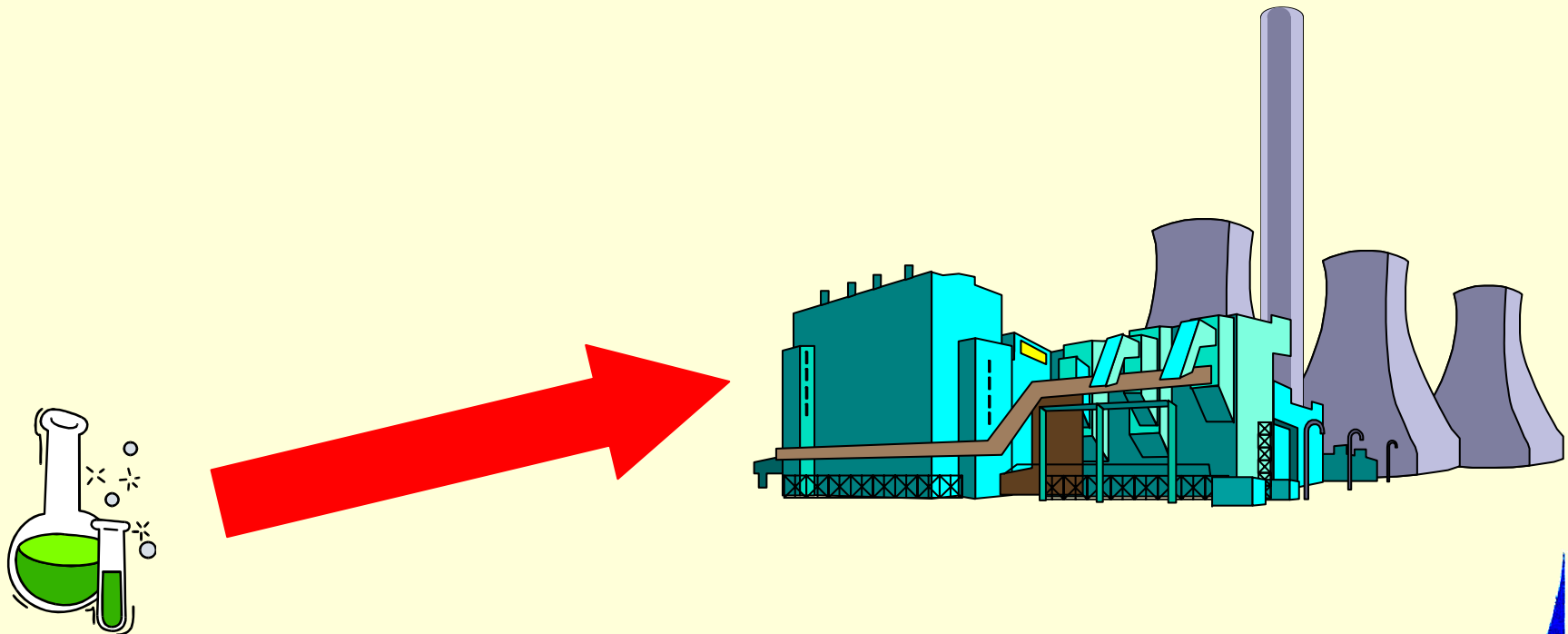
- Procesele tehnologice sunt reduse la un numar limitat de **OPERATII**, ceea ce usureaza abordarea lor teoretica.
- Marea majoritate a fazelor unui proces tehnologic (80 - 98 %) sunt bazate pe **FENOMENE FIZICE**, al caror studiu revine **OPERATIILOR UNITARE**.

Operatii unitare

- **OPERATIA** = faza distincta a unui proces tehnologic: incalzire, racire, distilare, uscare, reactie chimica etc.
- **OPERATIA UNITARA** = faza unui proces tehnologic bazata pe fenomene fizice.
- **OPERATIA CHIMICA (PROCESUL CHIMIC)** = faza unui proces tehnologic bazata pe reactii chimice (transformari de specii moleculare).

Operatii unitare

- Studiul **OPERATIILOR UNITARE**
 - explica efectele de scara;
 - precizeaza conditiile in care rezultatele cercetarilor de laborator pot fi transpuse la nivel industrial.



Exemplu

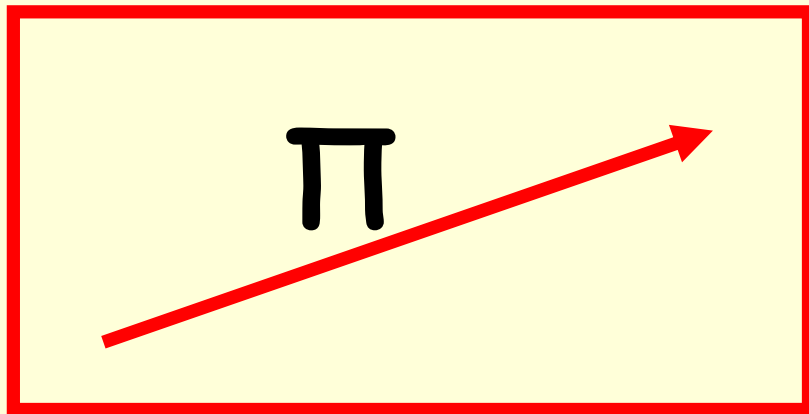
- Intr-un reactor de laborator (1 L), amestecarea intensa se realizeaza utilizand un agitator avand o putere de 250 W.
- Pentru un reactor industrial de 10 m^3 ($H \sim 3,5 \text{ m}$; $D \sim 2 \text{ m}$), care este de 10000 de ori mai mare, nu vom utiliza un agitator cu o putere de $250 \times 10000 = 2500 \text{ kW} = 2,5 \text{ MW}!!$
- Utilizand metodele transpunerii la scara, puterea necesara unui astfel de reactor industrial este de 50 - 100 kW.

Concepte si Definitii

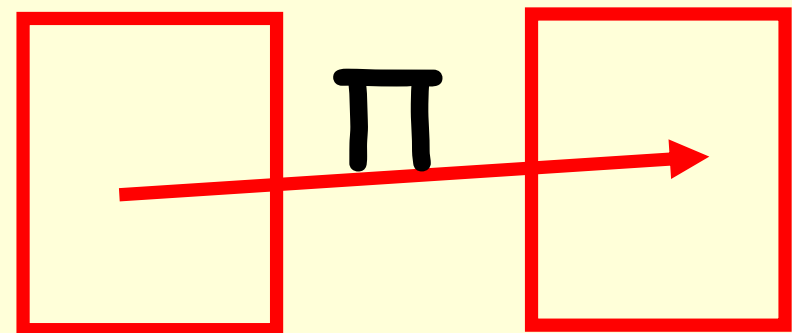
- Fenomenul care sta la baza unei operatii unitare: **FENOMEN FUNDAMENTAL**.
- Pentru industriile de proces, fenomene fundamentale sunt:
 - Transferul (transportul) de impuls;
 - Transferul (transportul) de caldura;
 - Transferul (transportul) de masa.

Concepte si Definitii

- **Transport:** deplasarea proprietatii in masa unei faze (a unui corp);
- **Transfer:** schimbul de proprietate intre doua faze (corpuri) diferite.



TRANSPORT



TRANSFER

Concepte si Definitii

	Proprietatea transferata	Definitie	Unitate de masura (SI)
Transfer de impuls	moment (impuls)	$p = m \times v$	kg.m.s^{-1}
Transfer de caldura	cantitate de caldura	$Q = m \times c_p \times T$	J
Transfer de masa	cantitatea de specie moleculara (A)	$N_A = C_A \times V$	kg de A; kmol de A; m^3 de A.

Mecanisme de Transport – Transfer de proprietate

o Mecanism Molecular:

- Transportul impulsului prin forte de frecare;
- Transportul caldurii prin conductivitate;
- Transportul speciei moleculare prin difuziune moleculara;

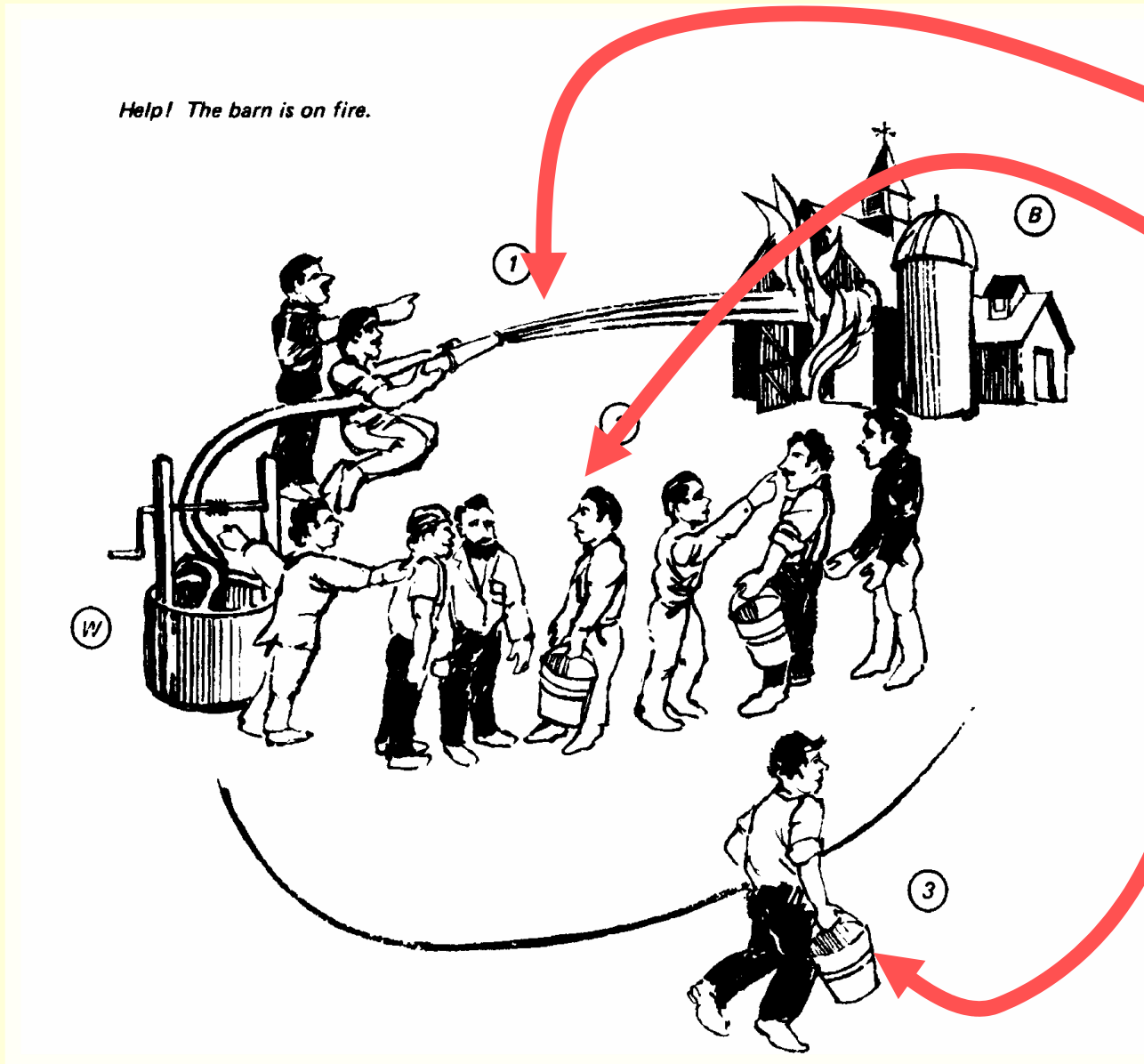
o Mecanism Macroscopic:

- Transportul proprietatii de catre masa fluidului in curgere (transport convectiv, difuziune convectiva).

o Mecanism Subatomic:

- Transportul de energie radianta, prin particule elementare (fotoni, de ex.).

Mecanisme de Transport – Transfer



1. Radiant
2. Molecular
3. Convective

Concepte si Definitii

- **PROCEDEU (METODA):** varianta de realizare a unei operatii.
- **EXEMPLU:** separarea fazelor unei suspensii se poate realiza prin:
 - sedimentare,
 - filtrare,
 - centrifugare,
 - etc.

Concepte si Definitii

- **TEHNICA DE OPERARE:** procedeul aplicabil pentru realizarea mai multor operatii.
- **EXEMPLU:**
 - FLUIDIZAREA - tehnica de contactare fluid - solid granular;
 - prin fluidizare se poate efectua:
 - uscarea solidelor,
 - o reactie chimica,
 - extractia unor componente din faza solida,
 - incalzirea (racirea) solidului,
 - etc.

De ce este necesar studiul Operatiilor Unitare ?

- Industriile de proces produc **sute de mii** de produse (chimicale, alimente, medicamente, vopsele, etc.) pornind de la **zeci de mii** de materii prime, utilizand **mii** de procese tehnologice diferite.
- Practic este imposibil ca un INGINER DE PROCES sa le cunoasca pe toate ...
- DAR:

De ce este necesar studiul Operatiilor Unitare ?

- Intr-un proces tehnologic exista relativ putine procese chimice sau biochimice (2 pana la 20%);
- Foarte putine operatii sunt specifice tehnologiei unui anumit produs:
 - Tocarea sfeclei de zahar in taitei in procesul de obtinere a zaharului;
 - Obtinerea aschiilor din lemn utilizate in procesul de obtinere a celulozei;

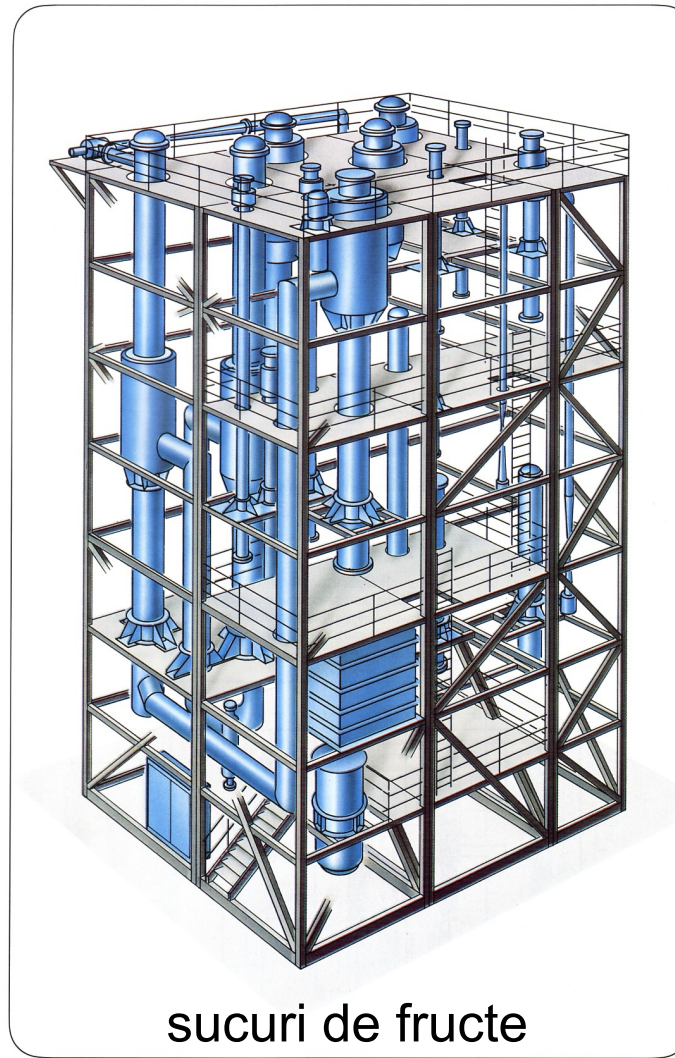
De ce este necesar studiul Operatiilor Unitare ?

- Majoritatea proceselor mecanice si fizice sunt comune unor tehnologii asemanatoare sau total diferite:
 - EX: **Procesul de concentrare prin evaporare:**
 - Tehnologia zaharului;
 - Tehnologia acidului fosforic;
 - Tehnologia ingrasamintelor (uree, azotat de amoniu);
 - Recuperarea sulfatului de amoniu la fabricarea caprolactamei;
 - Regenerarea lesiilor reziduale la fabricarea celulozei;
 - Hidrometalurgie, ...

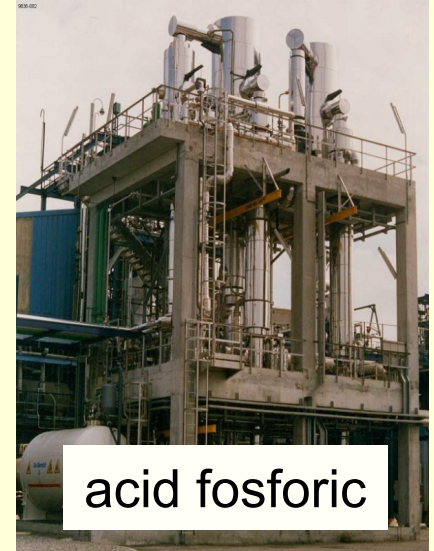
Concentrarea prin evaporare



uree



sucuri de fructe



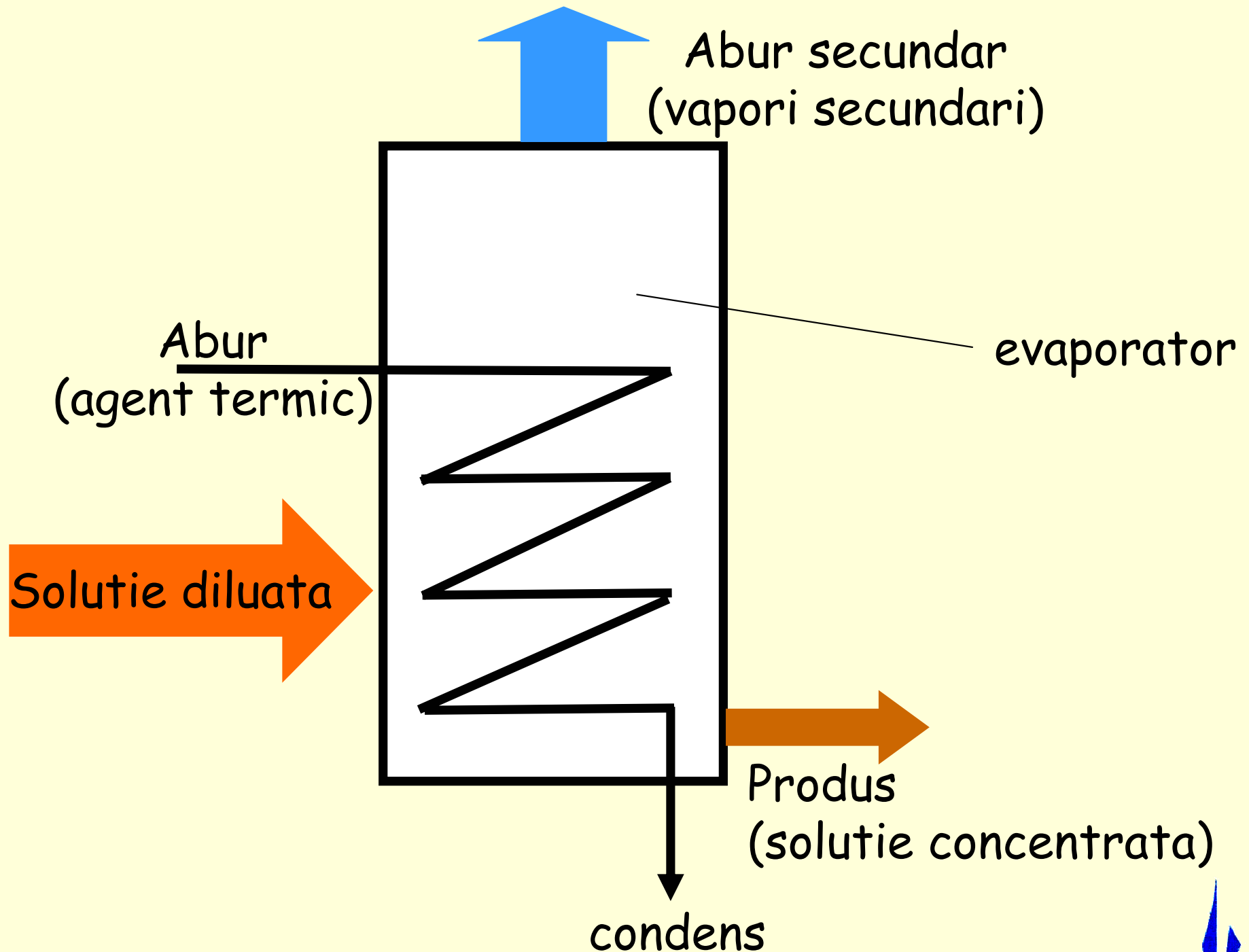
acid fosforic



celuloza

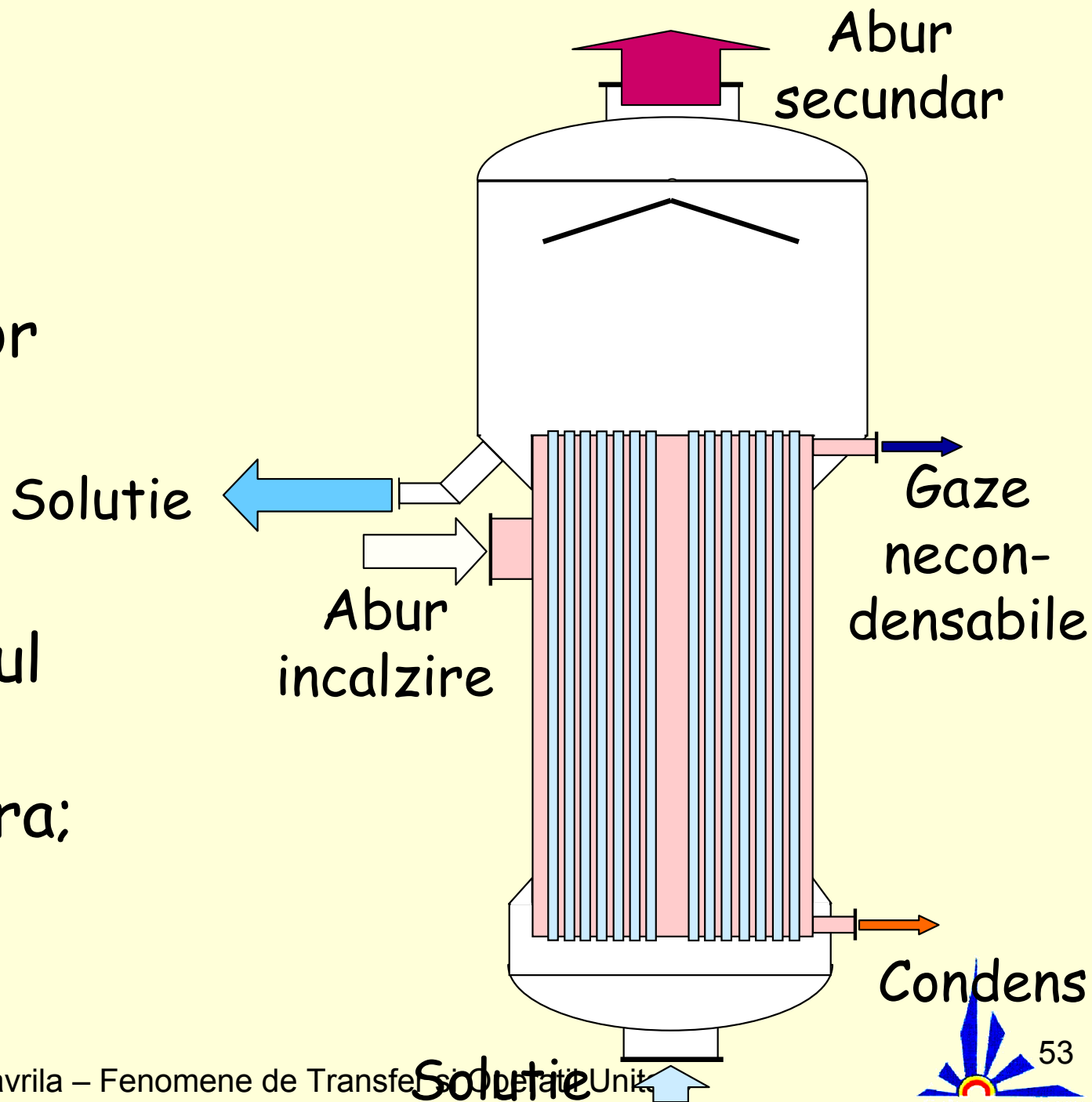


zahar



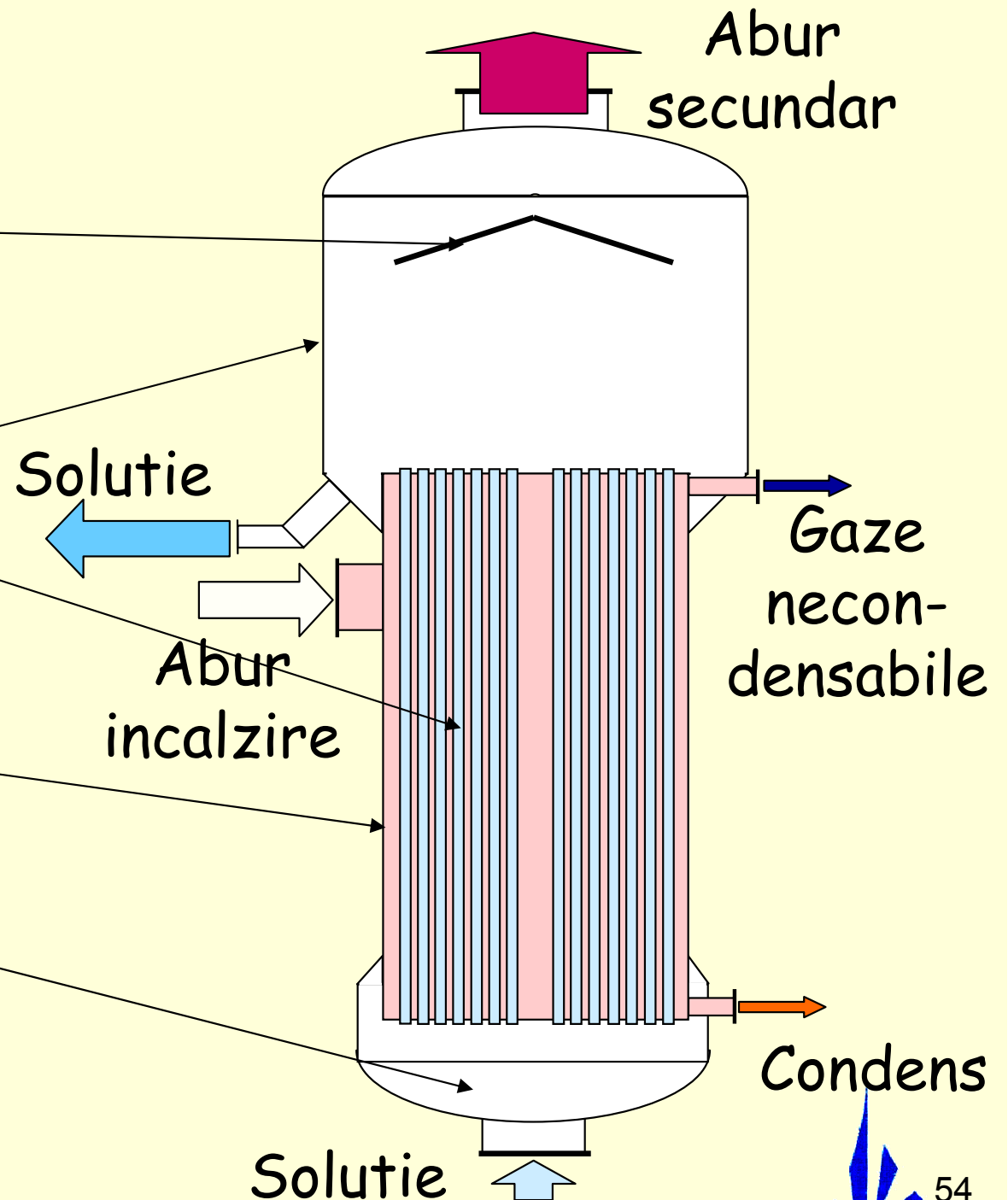
EVAPORATOARE CU FASCICUL TUBULAR

- **Suprafata de incalzire:** interiorul tevilor unui fascicul tubular;
- **Camera de incalzire:** spatiul dintre tevi si mantaua tubulara;



EVAPORATOARE CU FASCICUL TUBULAR

- Separator de picături
- Camera de vapori
- Fascicul tubular
- Camera de incalzire
- Camera de distributie



De ce este necesar studiul Operatiilor Unitare ?

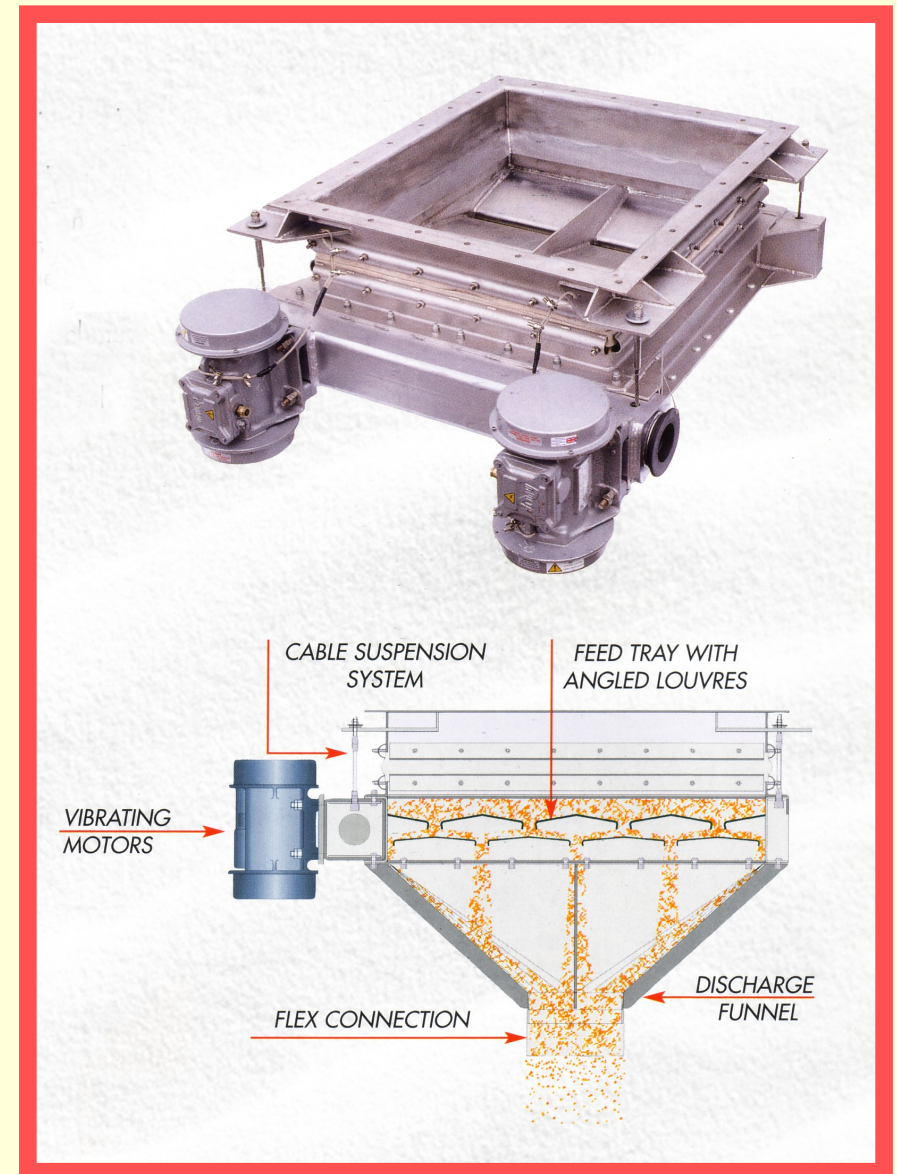
- Exista relativ putine utilaje specifice unui singur scop: tocatoare de sfecla, cojitoare de lemn, ...
- Majoritatea utilajelor sunt comune tuturor industriilor de proces:
 - mori,
 - filtre,
 - uscatoare,
 - centrifuge,
 - schimbatoare de caldura,
 - coloane de distilare,
 - decantoare,
 - evaporatoare,
 - condensatoare,

De ce este necesar studiul Operatiilor Unitare ?

- Exista **cateva zeci** de operatii unitare care acopera toate fazele din marea majoritate a industriilor de proces;
- Aceste operatii unitare sunt bazate pe **trei** procese fundamentale :
 - Transferul/Transportul de impuls;
 - Transferul/Transportul de caldura;
 - Transferul/Transportul de masa.
- Alaturi de acestea mai exista o serie de **operatii mecanice**.

OPERATII MECANICE

- Depozitarea si transportul solidelor
- Dozarea solidelor granulare si pulverulente
- Maruntirea solidelor (concasare, macinare...)
- Clasarea particulelor solide (cernerea, sitarea)
- Amestecarea particulelor solide



OPERATII HIDRODINAMICE

- Operatii bazate pe transferul de impuls:
 - Transportul si dozarea lichidelor
 - Comprimarea si transportul gazelor
 - Amestecarea (L-L; L-S; L-G; S-G)
 - Sedimentarea
 - Filtrarea
 - Purificarea gazelor
 - Separarile centrifugale



OPERATII TERMICE

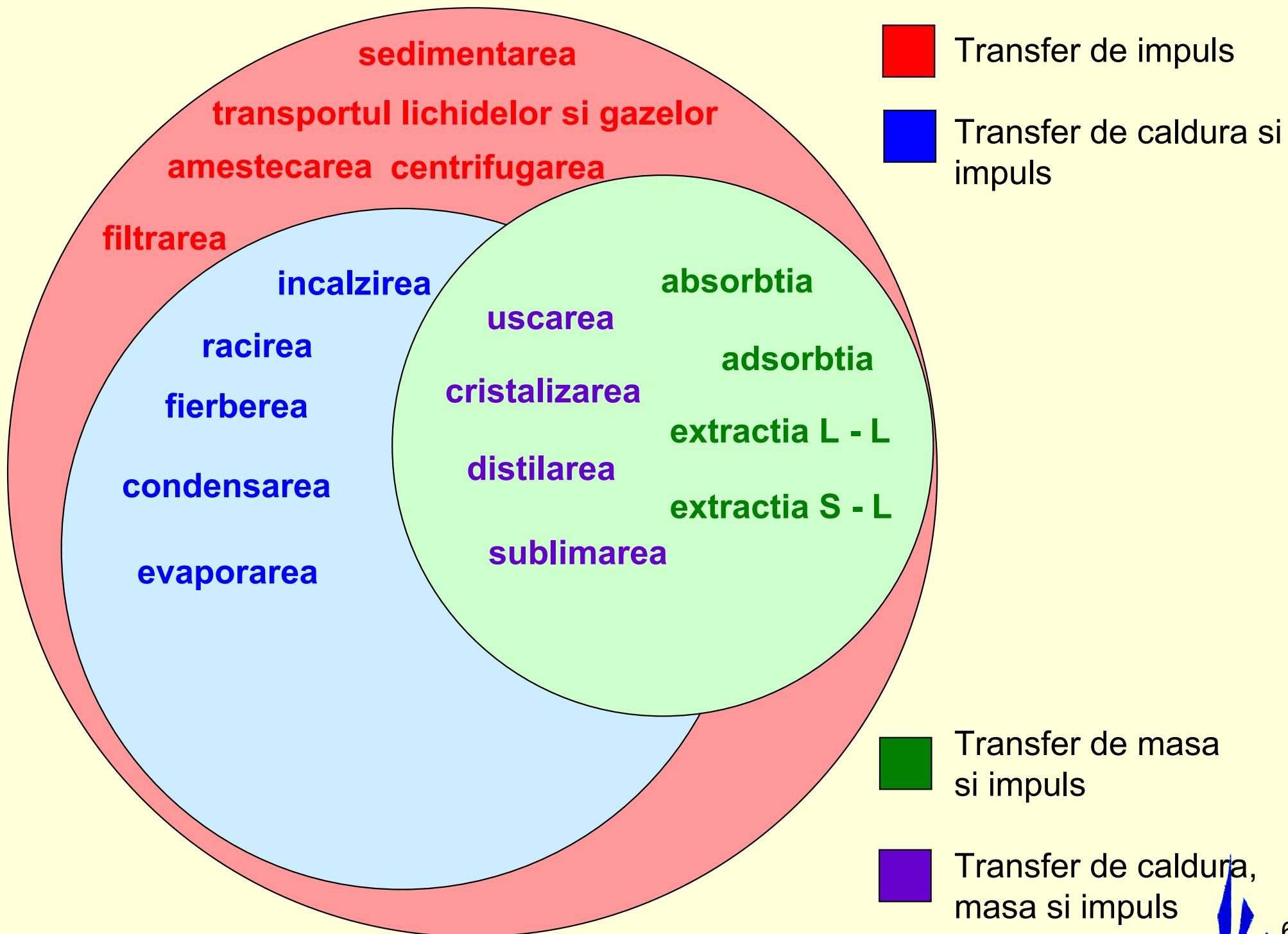
- Operati bazate pe transferul de caldura:
 - Incalzirea
 - Racirea
 - Fierberea
 - Condensarea
 - Evaporarea
(concentrarea solutiilor)



OPERATII DIFUZIONALE

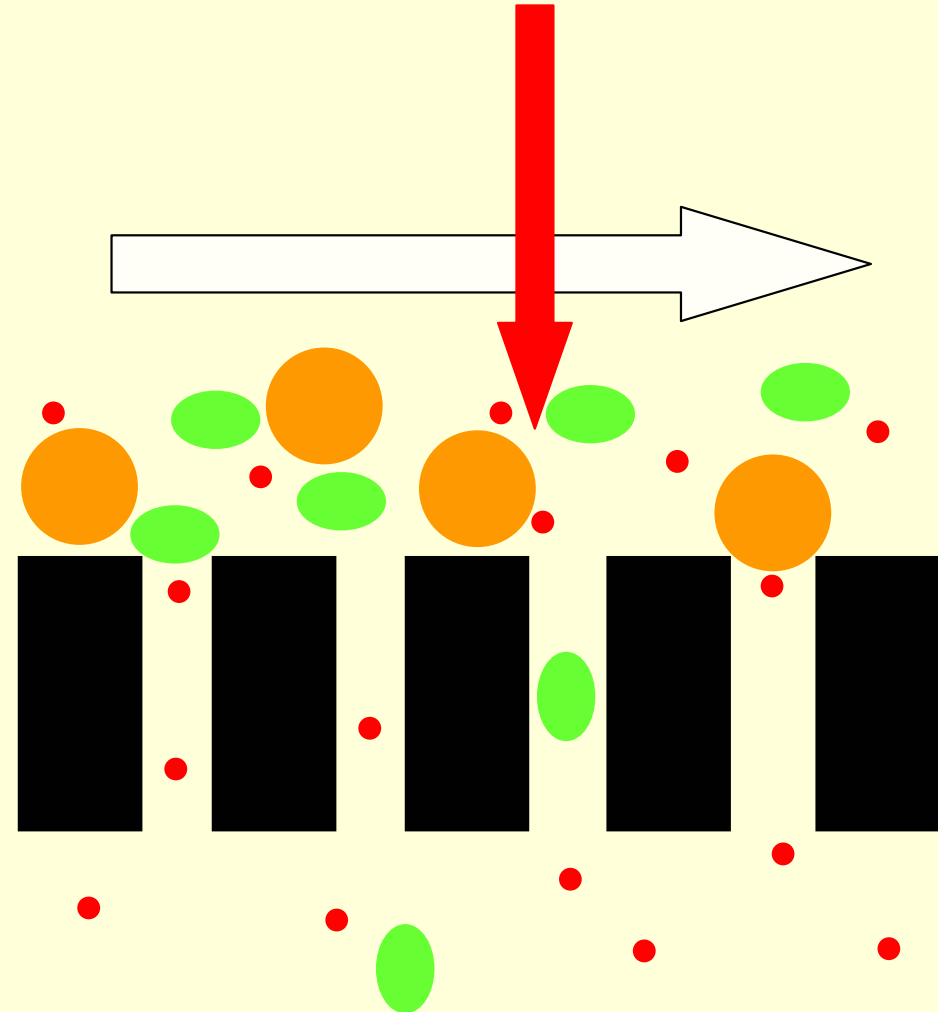
- Operatii bazate pe transferul de masa:
 - Uscarea
 - Cristalizarea
 - Absorbția gazelor
 - Adsorbția
 - Extractia S - L
 - Extractia L - L
 - Extractia cu fluide supercritice
 - Distilarea si rectificarea





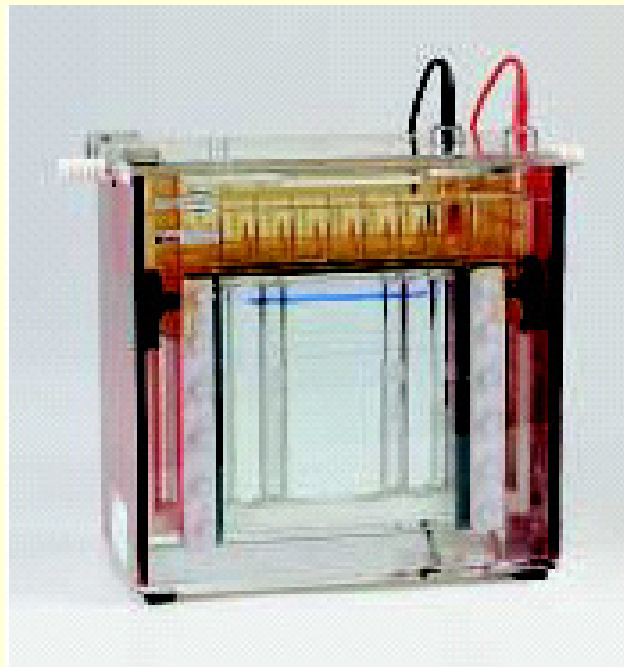
PROCESE DE SEPARARE PRIN MEMBRANE

- Microfiltrarea in curent incrucisat
- Ultrafiltrarea
- Osmoza inversa
- Electrodializa
- Pervaporarea

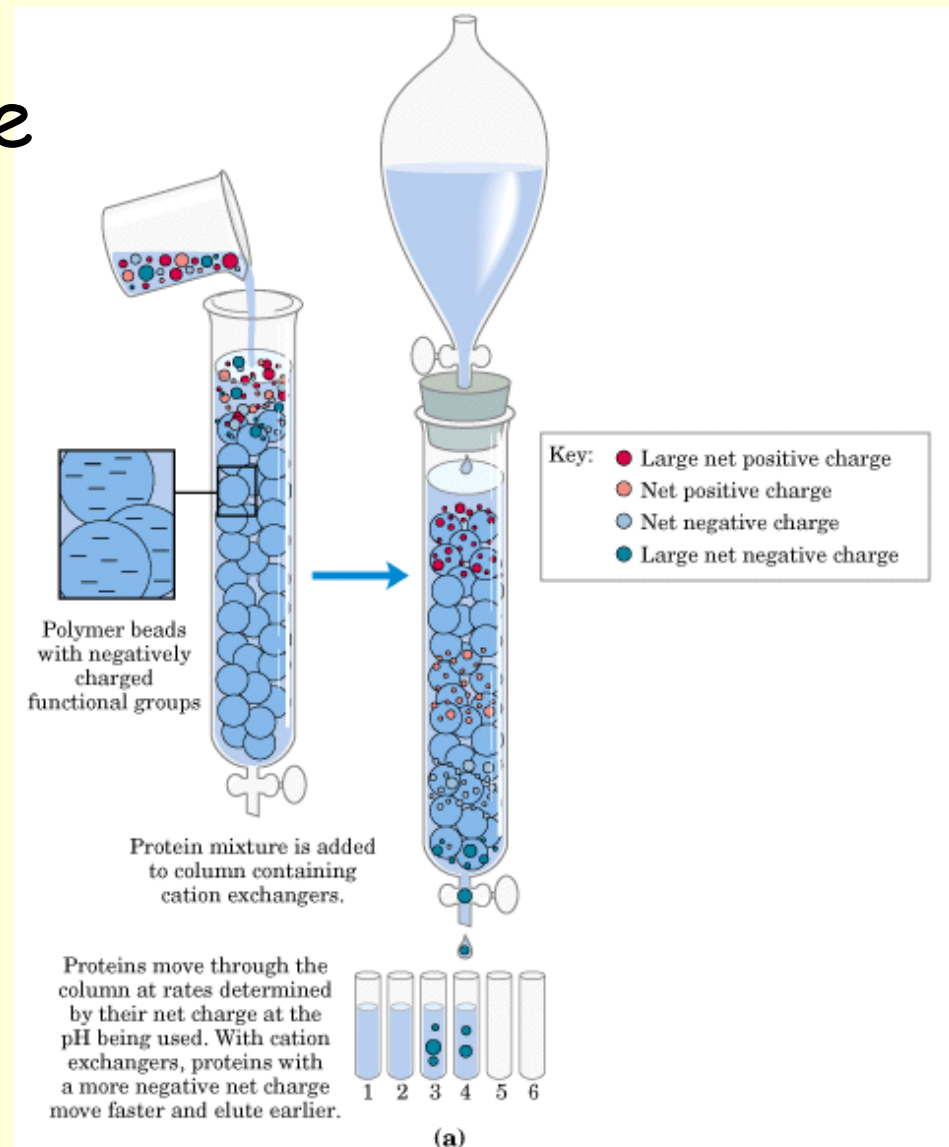


PROCESE DE SEPARARE FIZICO-CHIMICE

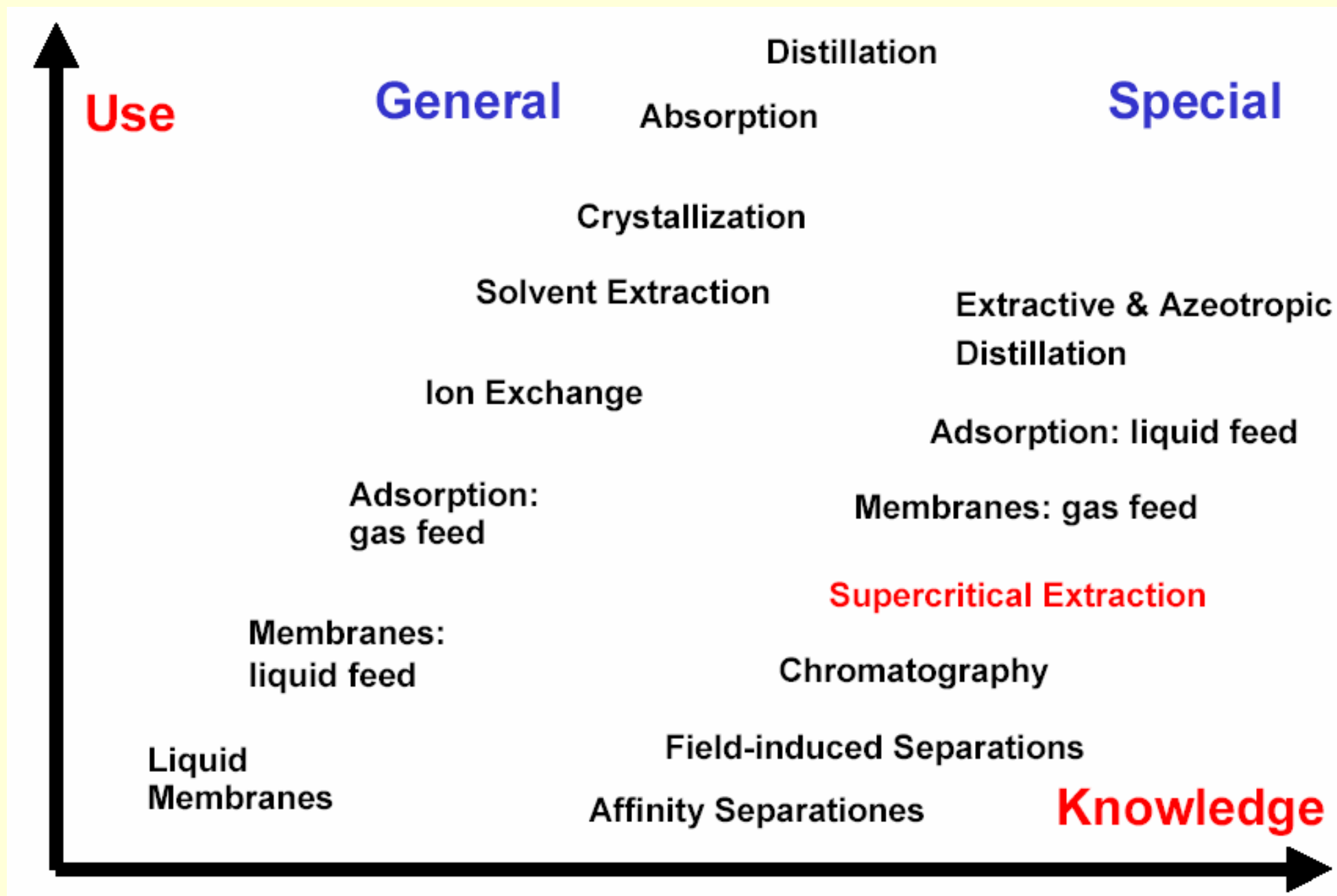
- Schimbul ionic
- Separarile cromatografice
- Electroforeza



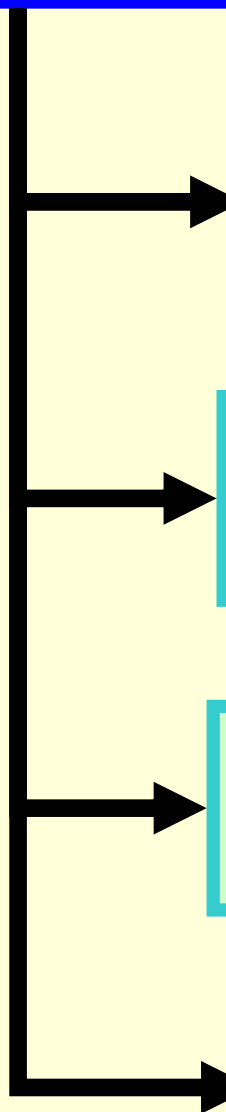
SE 600 requires MultiTemp III and power supply EPS601 to complete the system.



PROCESE DE SEPARARE



INGINERIA DE PROCES



```
graph TD; A[INGINERIA DE PROCES] --> B[INGINERIA PROCESELOR FIZICE<br/>(Operatii Unitare)]; A --> C[INGINERIA PROCESELOR CHIMICE<br/>(Ingineria Reactiilor Chimice)]; A --> D[INGINERIA SISTEMELOR INDUSTRIALE<br/>(Procese Fizice + Procese Chimice)]; A --> E[INGINERIA PRODUSELOR<br/>(Formularizarea Produsului)];
```

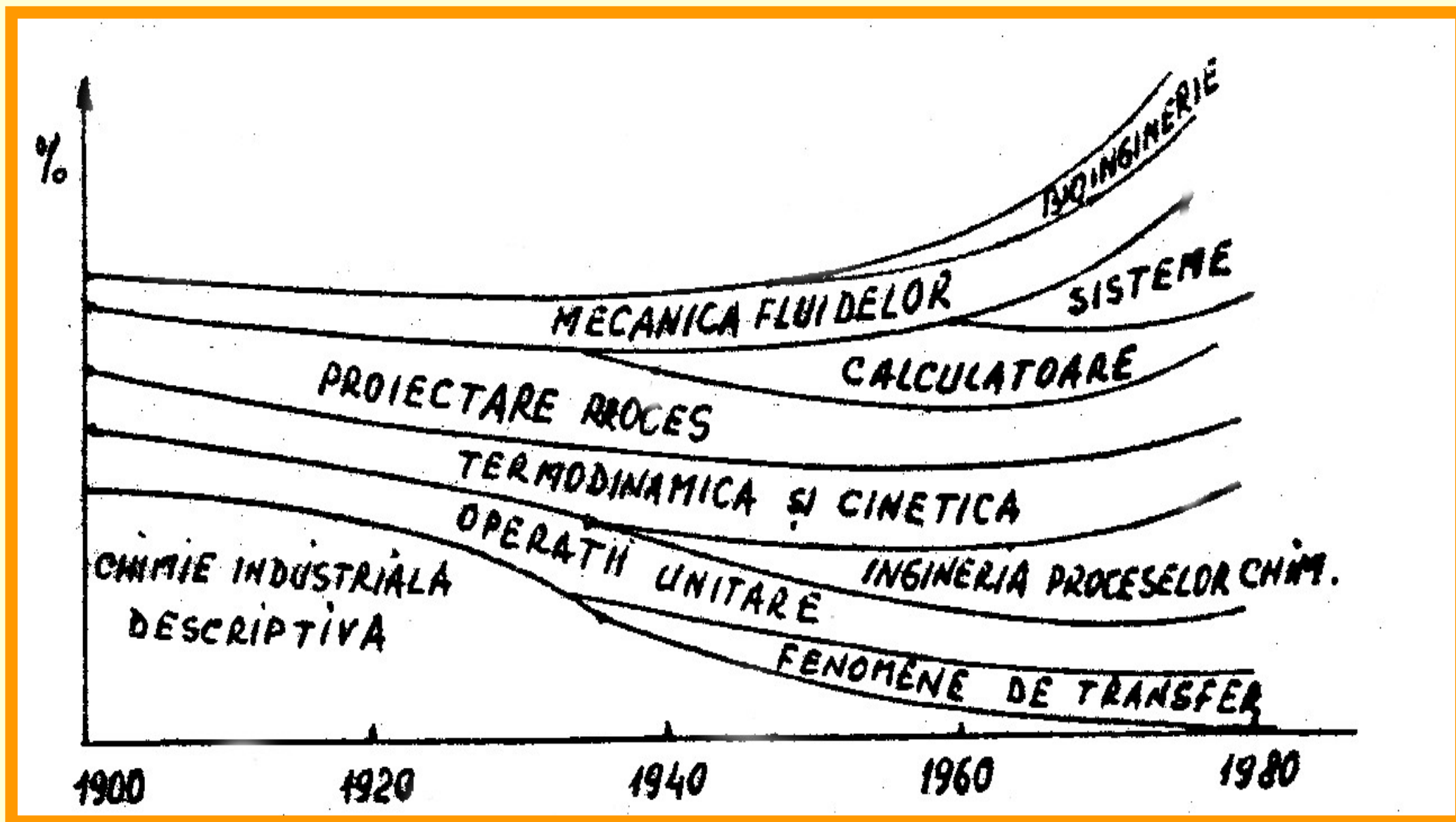
INGINERIA PROCESELOR FIZICE
(Operatii Unitare)

INGINERIA PROCESELOR CHIMICE
(Ingineria Reactiilor Chimice)

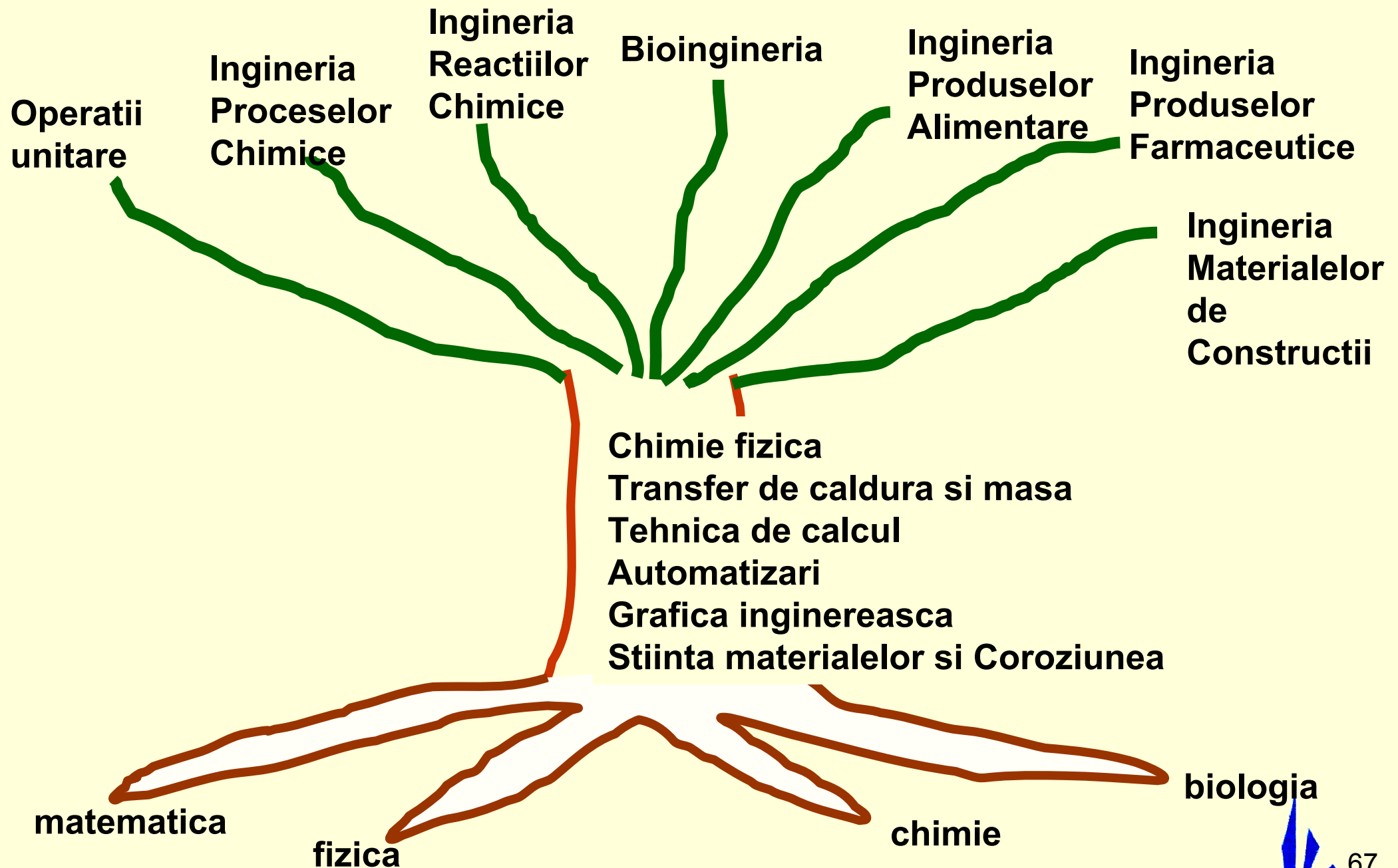
INGINERIA SISTEMELOR INDUSTRIALE
(Procese Fizice + Procese Chimice)

INGINERIA PRODUSELOR
(Formularizarea Produsului)

EVOLUTIA STRUCTURII INGINERIEI DE PROCES

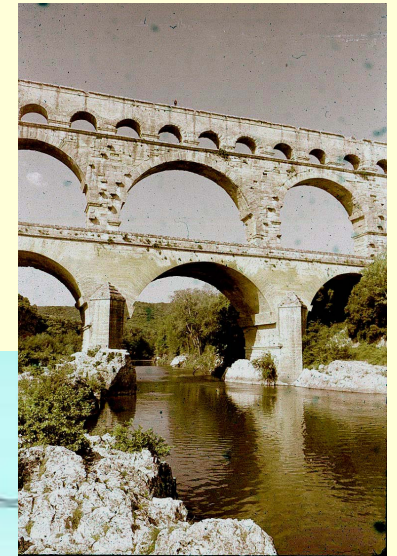
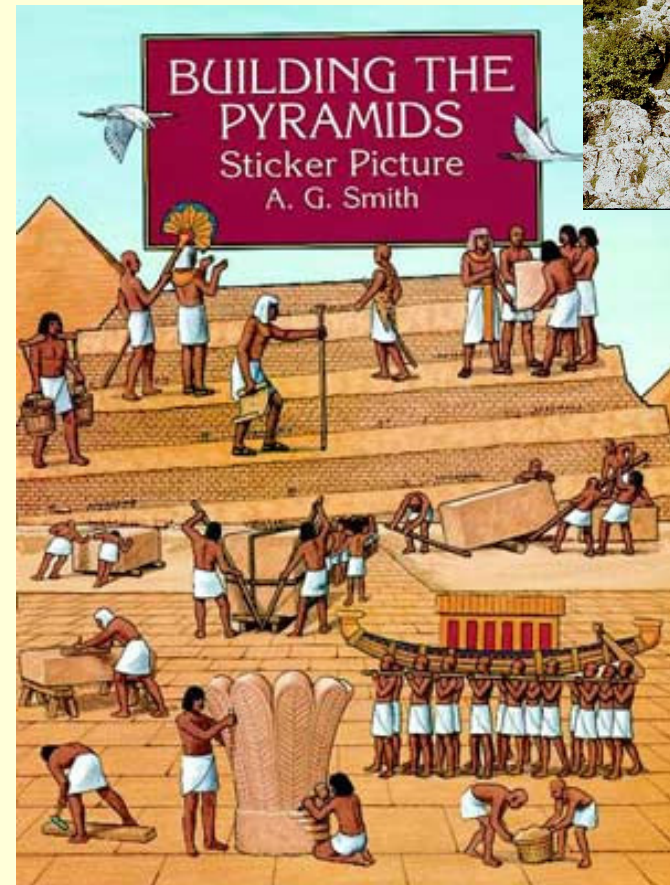
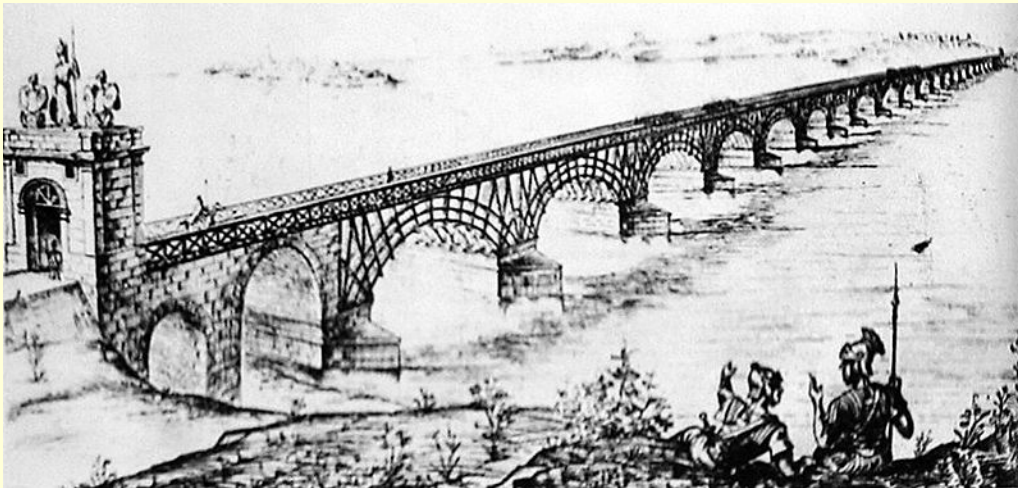


ARBORELE INGINERIEI DE PROCES



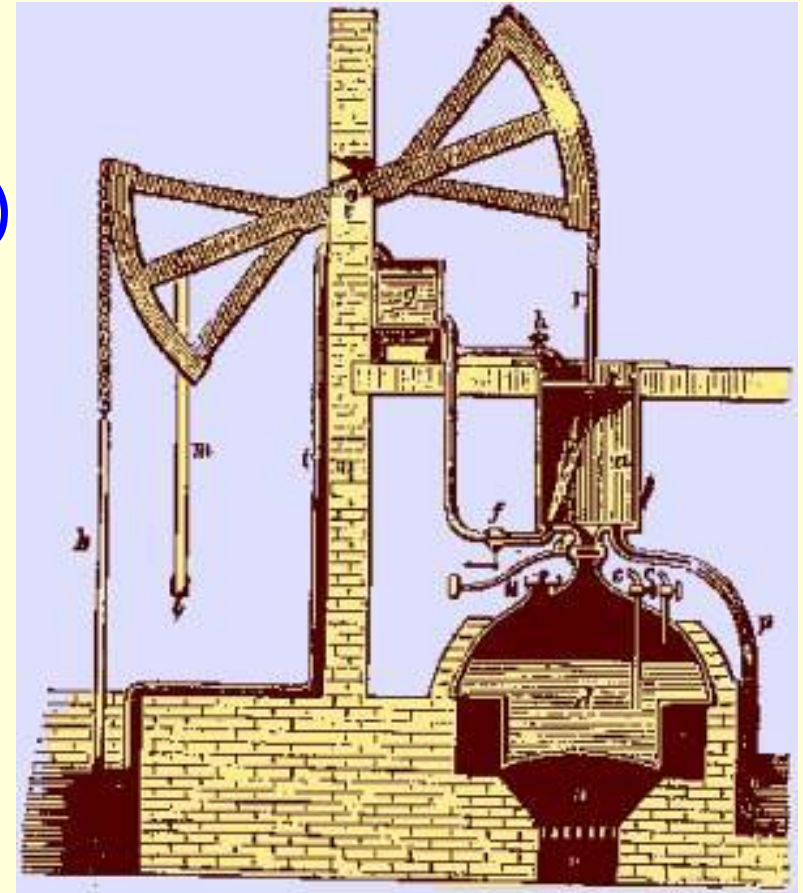
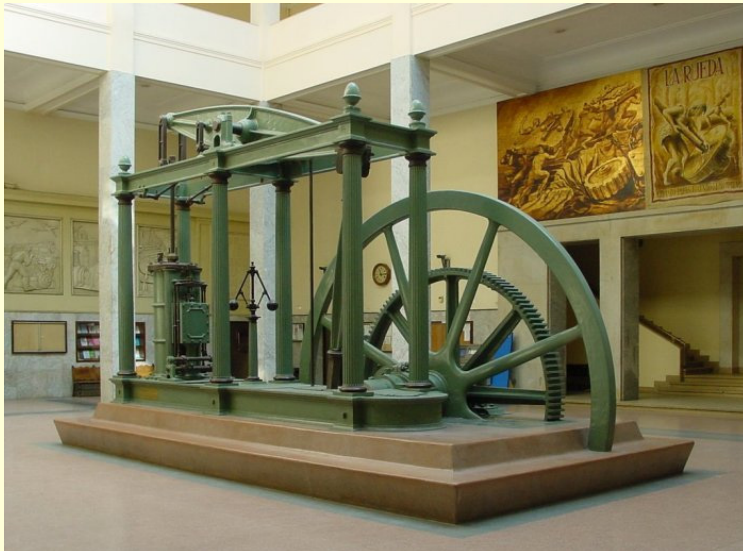
INGINERUL DE PROCES (INGINERUL CHIMIST)

- Profesiiune relativ noua fata de:
 - Inginerul constructor (antichitate)



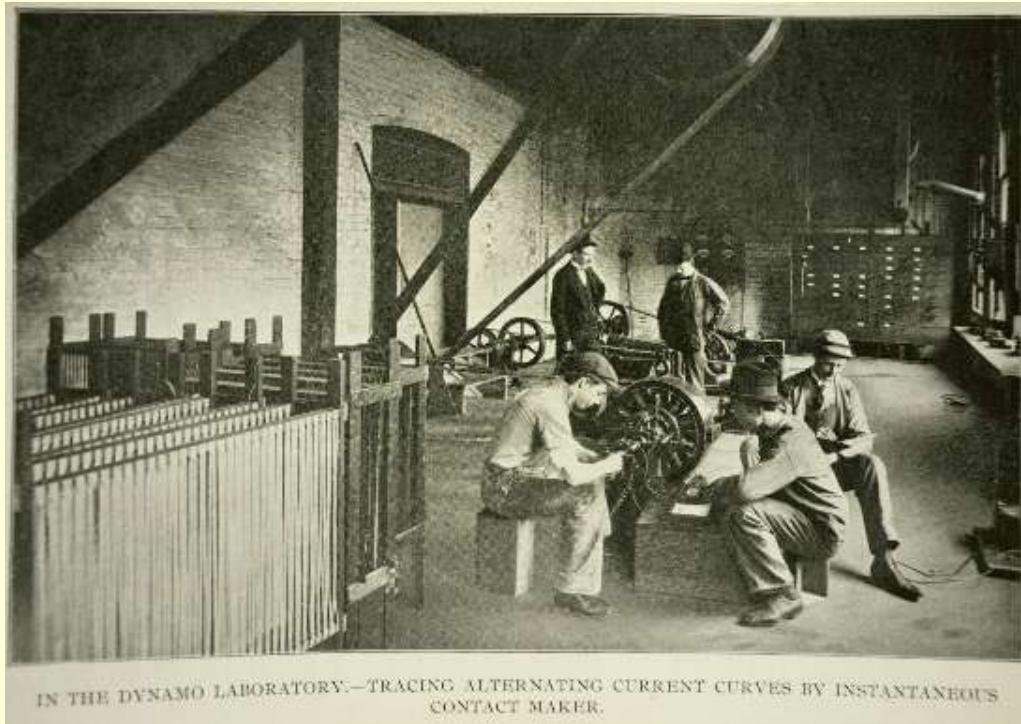
INGINERUL DE PROCES (INGINERUL CHIMIST)

- Profesiiune relativ noua fata de:
 - Inginerul mecanic (sec. XVIII)



INGINERUL DE PROCES (INGINERUL CHIMIST)

- Profesii relativ noua fata de:
 - Inginerul electrotehnic (inceputul sec. XIX)



IN THE DYNAMO LABORATORY.—TRACING ALTERNATING CURRENT CURVES BY INSTANTANEOUS CONTACT MAKER.



INGINERIA CHIMICA - istoric

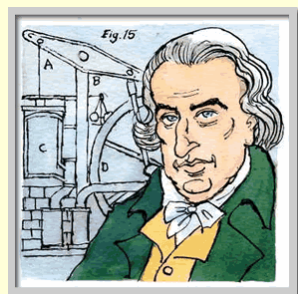
- **1805** - John Dalton published Atomic Weights, allowing chemical equations to be balanced and the basis for chemical engineering mass balances.
- **1882** - a course in "Chemical Technology" is offered at University College London
- **1883** - Osborne Reynolds defines the dimensionless group for fluid flow, leading to practical scale-up and understanding of flow, heat and mass transfer
- **1885** - Henry E. Armstrong offers a course in "chemical engineering" at Central College (later Imperial College, London).
- **1888** - There is a Department of Chemical Engineering at Glasgow and West of Scotland Technical College offering day and evening classes.
- **1888** - Lewis M. Norton starts a new curriculum at Massachusetts Institute of Technology (MIT): Course X, Chemical Engineering
- **1889** - Rose Polytechnic Institute awards the first bachelor's of science in chemical engineering in the US.

INGINERIA CHIMICA - istoric

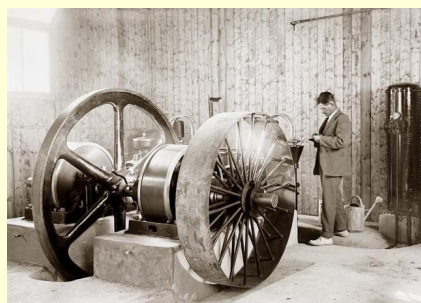
- **1891** - MIT awards a bachelor's of science in chemical engineering to William Page Bryant and six other candidates.
- **1892** - A bachelor's program in chemical engineering is established at the University of Pennsylvania.
- **1901** - George E. Davis produces the *Handbook of Chemical Engineering*
- **1905** - the University of Wisconsin awards the first Ph.D. in chemical engineering to Oliver Patterson Watts.
- **1908** - the American Institute of Chemical Engineers (AIChE) is founded.
- **1922** - the UK Institution of Chemical Engineers (IChemE) is founded.
- **1942** - Hilda Derrick, first female student member of the IChemE



Sec. II BC



1700 - 1750



1820 - 1850



1880 - 1900



1970

INGINERIA
CIVILA

INGINERIA
MECANICA

INGINERIA
ELECTRICA

INGINERIA
CHIMICA

INGINERIA
MEDIULUI

INGINERUL CHIMIST

- 1880 = "o persoană care posedă cunoștințe de chimie și de mecanică și care aplică aceste cunoștințe la realizarea transformărilor chimice în industrie" (*G. Davis*)
- 1924 = "un specialist experimentat în proiectarea, construcția și operarea fabricilor în care au loc transformări de stare și de compoziție." (*Institution of Chemical Engineers*)

INGINERUL CHIMIST

- 1977 = activitățile inginerului chimist contemporan sunt: cercetare, dezvoltare, proiectare de inginerie, proiectare de utilaje, analiză computerizată, experimentare pe pilot, exploatare, conducere, învățământ etc. (*Aris*)
- **Inginerul tehnolog** - lucrează de regulă în exploatare.

INGINERUL DE INDUSTRIE ALIMENTARĂ

- **Inginerul de industrie alimentară:** inginerul chimist specializat în domeniul conceperii, producerii, prelucrării, dezvoltării și optimizării produselor alimentare, precum și în domeniul conceperii, dezvoltării și optimizării proceselor și utilajelor care servesc la fabricarea produselor alimentare.