



DEPOLUAREA EFLUENTILOR DIN INDUSTRIA ALIMENTARA SI BIOTEHNOLOGII

Prof.dr.ing. Lucian Gavrilă
2010 - 2011



APA IN INDUSTRIE

- caracteristicile apei,
- surse și resurse de apă,
- obținerea apei potabile și industriale,
- cerințe pentru apa utilizată în industrie



APĂ PRETUTINDENI



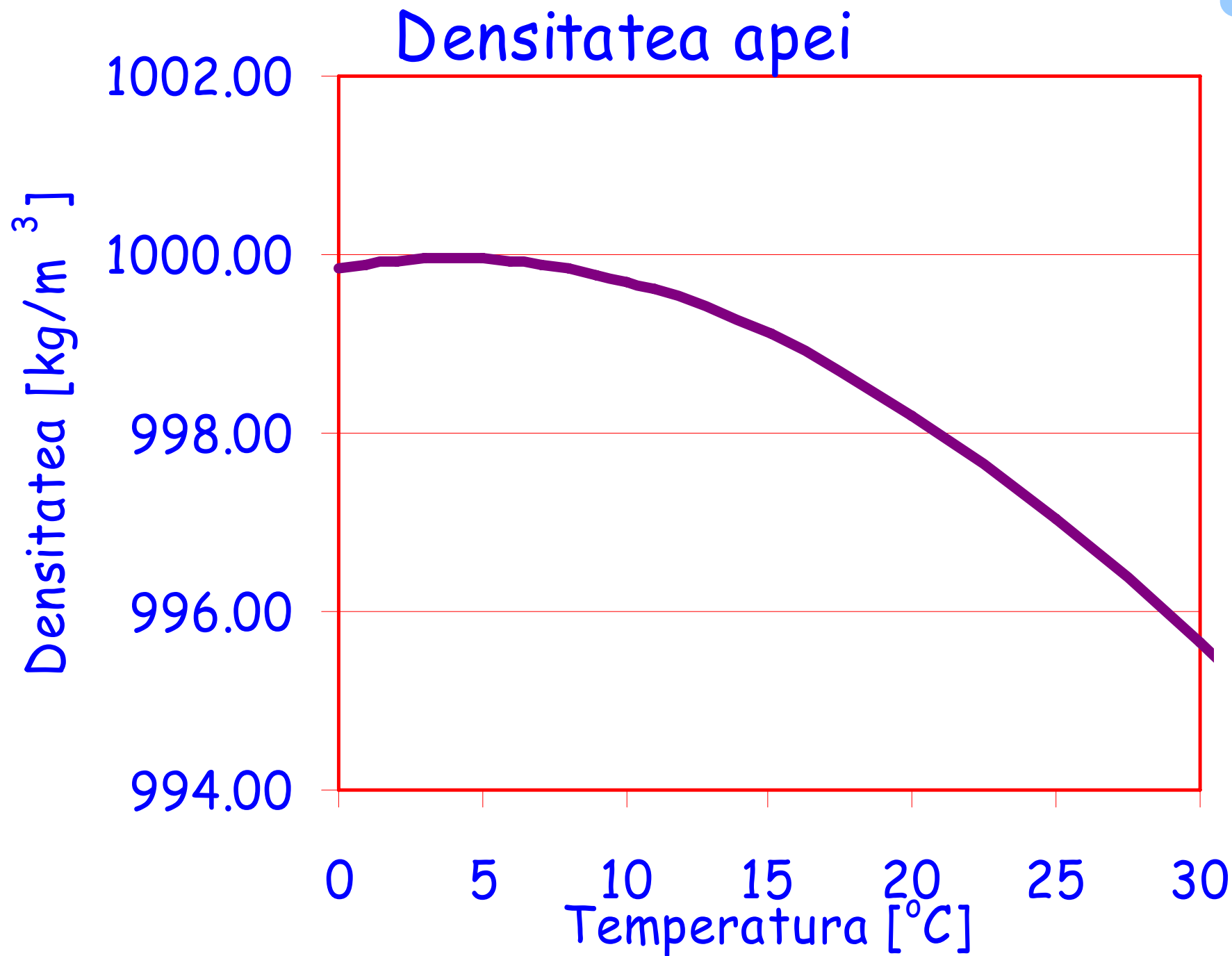
- Apa acopera 71% din suprafata Pamantului
- Corpul uman contine peste 60% apa

VIATA = APA



PROPRIETĂȚILE ANORMALE ALE APEI

- Interval larg între punctul de îngheț și cel de fierbere: 100 K
- În absența legăturilor de hidrogen, transformările de fază ar trebui să aibă loc la:
 - solidificarea: 173.15 K (-100 °C)
 - fierberea: 193.15 K (-80 °C)
- Densitatea apei scade (volumul se mărește) când aceasta îngheată.



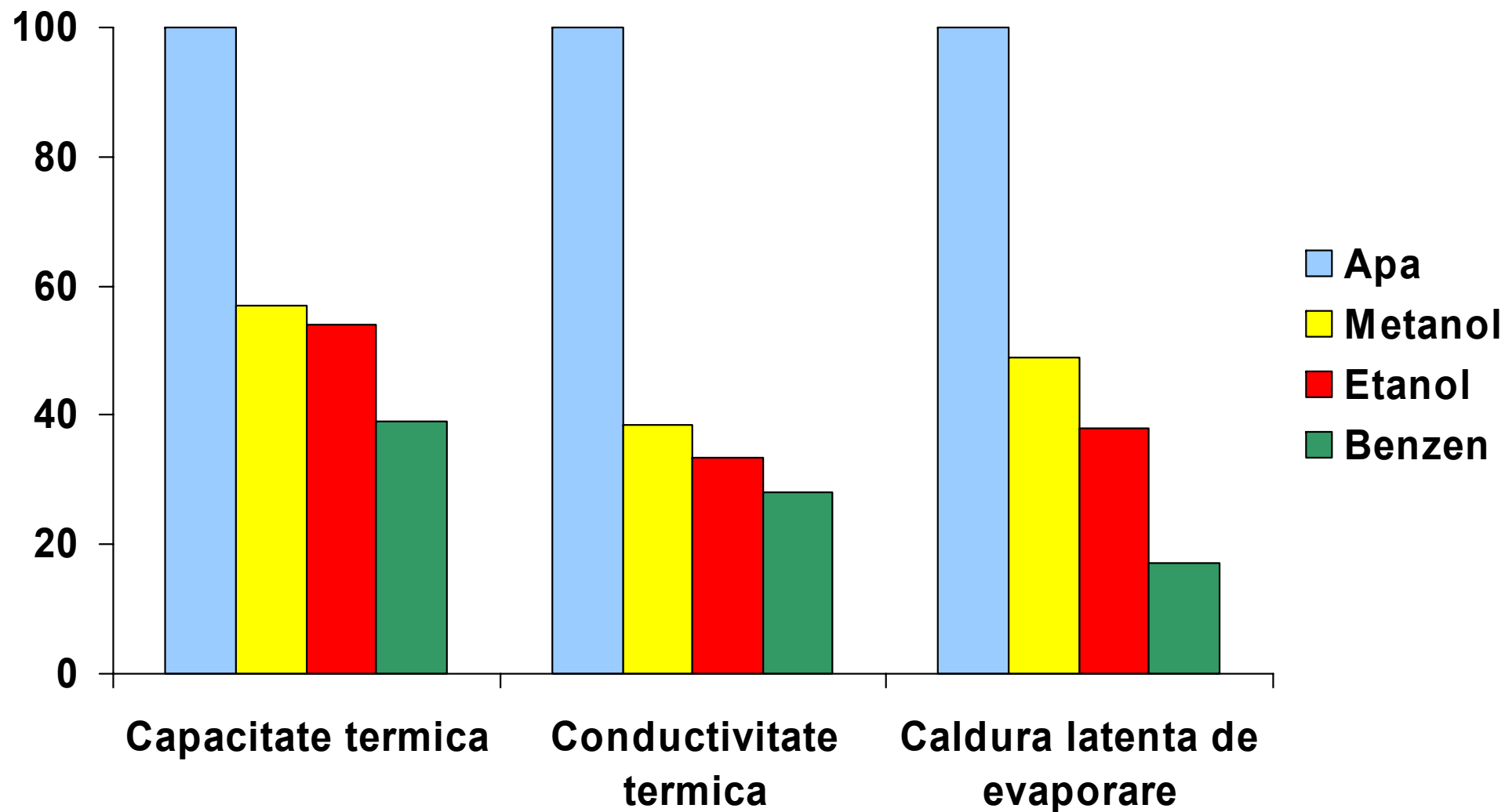


APA PURĂ – STRUCTURĂ ȘI PROPRIETĂȚI

- Densitatea apei are o valoare maximă la 277 K (4 °C)
- La 273 K (0 °C) apa se solidifică, măririndu-și volumul cu cca 9%, fiind mai ușoară decât apa lichidă (fapt atribuit structurii afânate a gheții), plutind deasupra acesteia.
- Drept consecință, sub 277 K (4 °C), apa răcită îngheață, se ridică la suprafață sub forma unui strat protector, făcând posibilă astfel viața acvatică.



PROPRIETĂȚI TERMICE





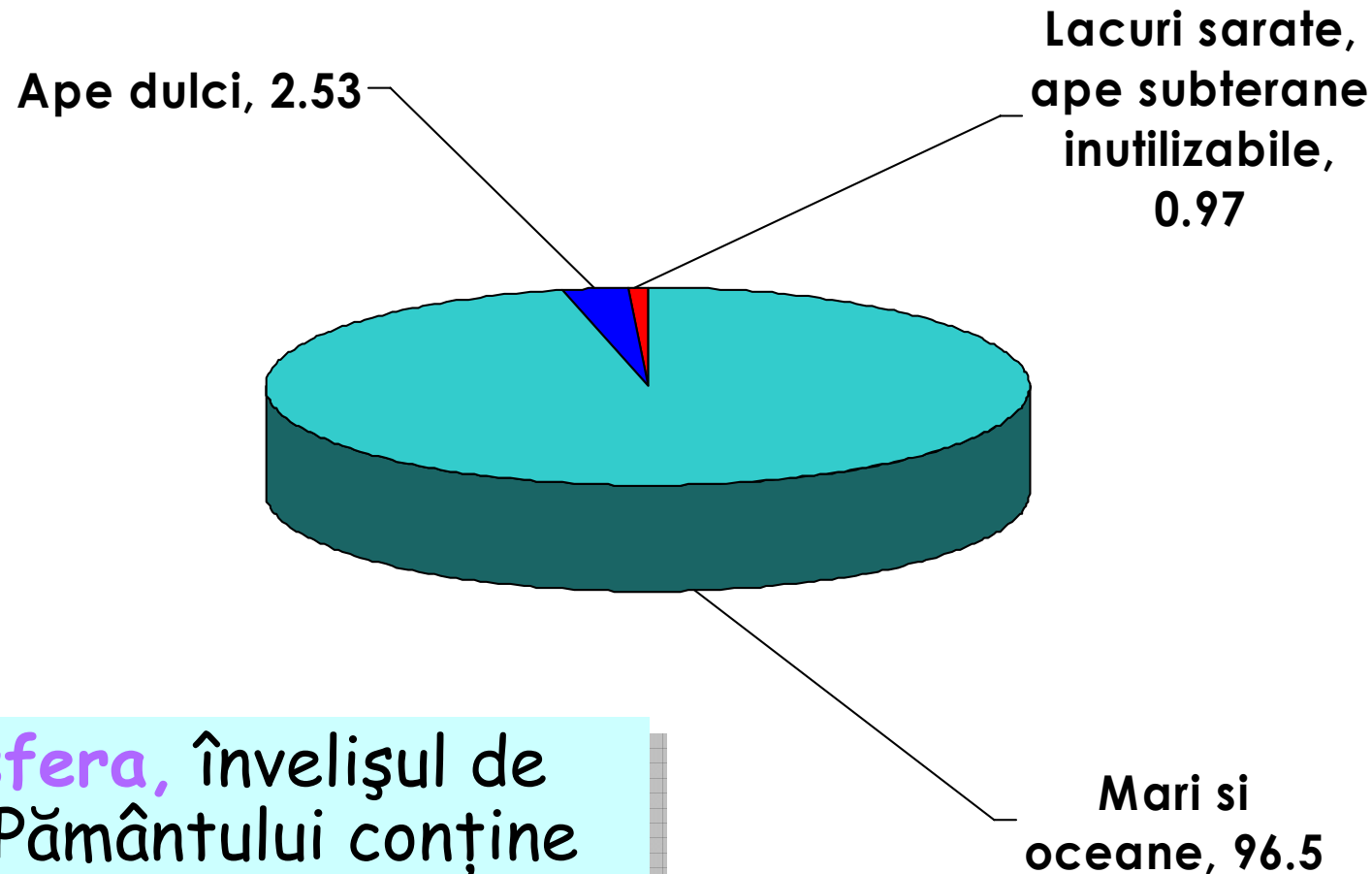
PROPRIETĂȚI TERMICE

- Datorita valorilor ridicate ale **capacitatii termice** (c_p) si ale **caldurii latente de vaporizare** (ΔH_{ev}):
 - marile întinderi de apă de pe suprafața Pământului au rolul de veritabile **„DEPOZITE DE CALDURA”**
- Utilizarea pe scară largă a apei ca **agent de transfer de căldură** este tot un rezultat al proprietăților „anormale” ale acesteia.

APA – SOLVENTUL UNIVERSAL

- Datorita valorii ridicate a constantei dielectrice (depasita doar de cea a formamidei), apa este un **agent de ionizare** si **solvent** excelent pentru:
 - compusi ionici si neionici,
 - substante polare si nepolare,
 - gaze, lichide si solide.
- Datorita proprietatilor de solvatare, "**apa pura**" reprezinta mai degraba un concept teoretic.

DISPUNEM DE SUFICIENTA APA ?



- **Hidrosfera**, învelișul de apă al Pământului conține circa $1,4 \cdot 10^9 \text{ km}^3$, apele acoperind circa 71% din suprafața globului



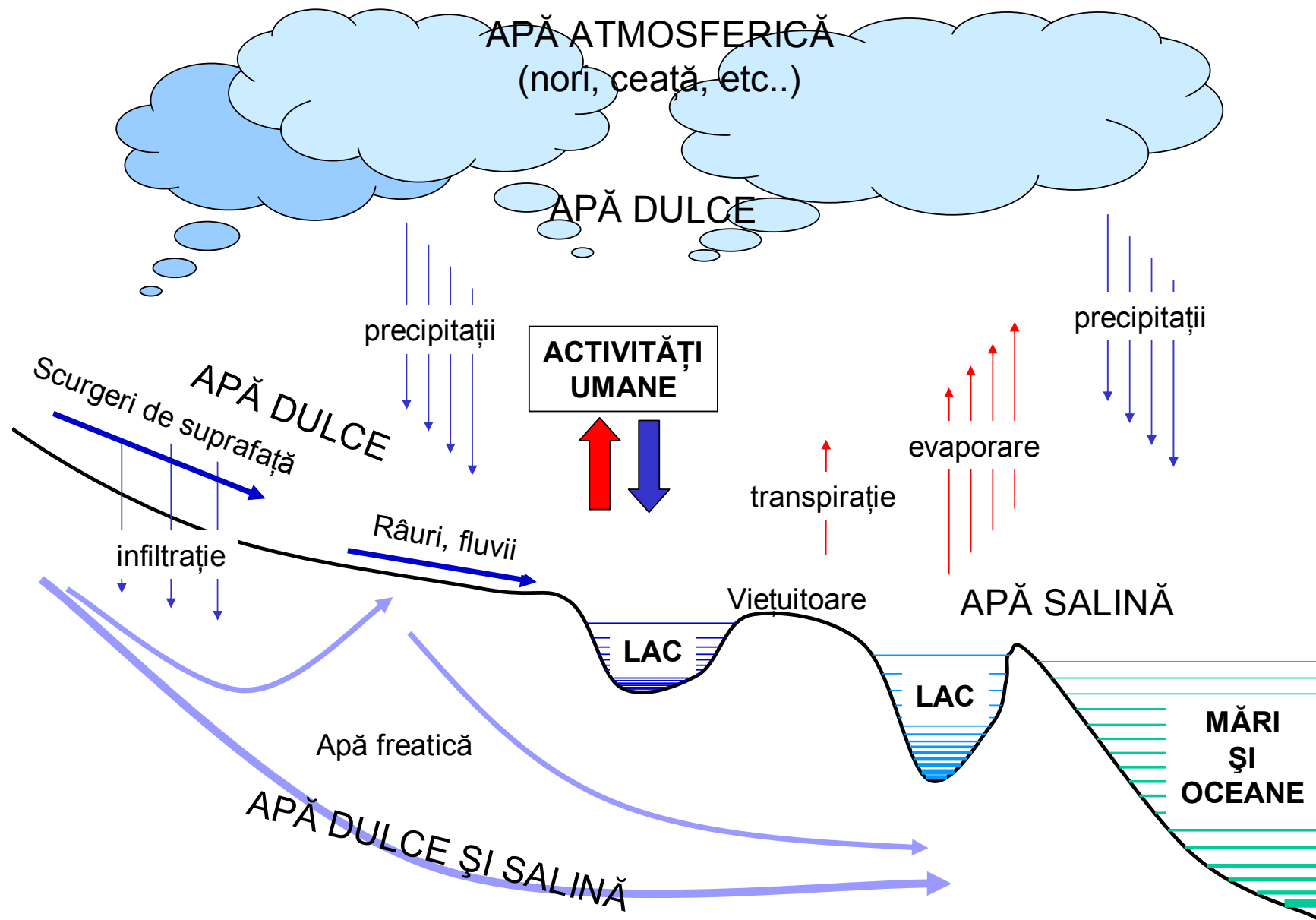
DISPUNEM DE SUFICIENTA APA ?

Repartizarea resurselor de apă dulce ale Pământului

Forma în care se află apa	Suprafață ocupată [km ²]	Volum de apă	
		km ³	%
Ghețari și zăpezi permanente	16 227 500	24 064 100	68,698
Gheața din zona de permafrost	21 000 000	300 000	0,856
Ape subterane	134 800 000	10 530 000	30,060
Umiditatea solului	82 000 000	16 500	0,047
Apa din lacuri	1 236 000	91 000	0,260
Apa din mlaștini	2 682 600	11 470	0,033
Apa din râuri	148 800 000	2 120	0,006
Apa biologică	510 000 000	1 120	0,003
Apa atmosferică	510 000 000	12 900	0,037
TOTAL APĂ DULCE		35 029 210	100,000



CIRCUITUL APEI IN NATURA





APA IN NATURA

- Apele dizolvă săruri, apa naturală fiind o soluție de săruri anorganice, substanțe organice și gaze, de diferite concentrații.
- În funcție de concentrația sărurilor, se pot distinge patru categorii de ape:
 - ape dulci, sub 0,5 g/L săruri - sursa tradițională de apă potabilă;
 - ape mixohaline (salmastre), între 0,5 și 30 g/L săruri;
 - ape euhaline (marine), între 30 și 40 g/L săruri;
 - ape hiperhaline (suprasaturate), peste 40 g/L săruri.



SURSE DE APĂ

- Pentru nevoile industriei resursele de apă disponibile la ora actuală sunt:
 - apele de adâncime,
 - apele de suprafață,
 - apele stătătoare/curgătoare (lacuri, iazuri, râuri, fluvii),
 - apa de mare.
- Apa înglobată în calotele polare, ghețari și zăpezile perene, precum și apa subterană aflată la adâncimi foarte mari sunt surse deocamdată neexploatabile din punct de vedere economic.

Principalele diferente dintre apele subterane si apele de suprafata

Caracteristica	Apa de suprafata	Apa subterana
Temperatura	Variabilă după anotimp	Relativ constantă
Turbiditatea	Variabilă, uneori ridicată	Scăzută sau absentă
Culoarea	Datorată în special suspensiilor (argile, alge)	Datorată tuturor substanțelor dizolvate
Mineralizarea	Variabilă funcție de sol, ploi, efluenți, etc.	Majoritar constantă, uzual mai mare decât a apelor de suprafata din aceeași regiune
Fe ²⁺ și Mn ²⁺ dizolvat	De regulă absenți, exceptând fundul lacurilor și iazurilor eutrofizate	De regulă prezenți
CO ₂ agresiv	De regulă absent	Prezent deseori în cantități ridicate
O ₂ dizolvat	Deseori aproape de concentrația de saturație; absent în apele foarte poluate	De regulă absent
H ₂ S	De regulă absent	Deseori prezent
NH ₄ ⁺	Prezent doar in ape foarte poluate	Deseori prezent, fără a fi un indice al poluării bacteriene
Azotați	Prezenți la un nivel în general scăzut	Prezenți uneori în cantități ridicate
Silice	De regulă în cantități moderate	Prezentă uneori în cantități ridicate
Micropoluanți minerali sau organici	Prezenți în apele țărilor dezvoltate, dar capabili să dispară după îndepărtarea sursei	De regulă absenți; poluarea accidentală poate dura perioade îndelungate
Organisme vii	Bacterii, virusuri, zooplancton și fitoplancton	Frecvent se întâlnesc ferobacterii
Solvenți clorurați	Rareori prezenți	Deseori prezenți
Natură eutrofică	Adesea, crescătoare cu temperatura	Nu

CARACTERIZAREA APELOR NATURALE

- Calitatea apelor naturale este determinată de conținutul de substanțe dizolvate sau aflate în suspensie, precum și de organismele vii prezente.

Principalele substanțe și organisme prezente în apele naturale

Proveniență	Suspensii	Coloizi	Gaze	Substanțe neionice	Substanțe ionice	
					Cationi	Anioni
Din solul mineral și din roci	nămol, nisip, alte substanțe anorganice	argilă SiO_2 Fe_2O_3 MnO_2	CO_2		Ca^{2+} Mg^{2+} Na^+ K^+ Fe^{2+} Mn^{2+} Zn^{2+}	HCO_3^- Cl^- SO_4^{2-} NO_3^- CO_3^{2-} HSiO_3^- H_2BO_3^- HPO_4^{2-} $\text{H}_2\text{PO}_4^{2-}$ OH^- F^-
Din atmosferă			N_2 O_2 CO_2 SO_2		H^+	HCO_3^- SO_4^{2-}

Principalele substanțe și organisme prezente în apele naturale

Proveniență	Suspensii	Coloizi	Gaze	Substanțe neionice	Substanțe ionice	
					Cationi	Anioni
Din descompunere organică	sol organic, resturi organice	materii vegetale, resturi organice	CO ₂ NH ₃ O ₂ N ₂ H ₂ S CH ₄ H ₂	materii vegetale colorate, resturi organice	Na ⁺ NH ₄ ⁺ H ⁺	Cl ⁻ HCO ₃ ⁻ NO ₂ ⁻ NO ₃ ⁻ OH ⁻ HS ⁻ R-COO ⁻
Organisme vii	pești, alge, diatomee, organisme minuscule	virusi, bacterii, alge, diatomee				



CARACTERIZAREA APELOR NATURALE

- **Suspensiile totale** = cantitatea totală de componente solide, insolubile, prezente într-un volum determinat de apă, care pot fi separate prin diferite metode fizice (sedimentare, filtrare, centrifugare).
- Se exprimă în mg.L^{-1} (g.m^{-3}).



CARACTERIZAREA APELOR NATURALE

- **Suspensiile gravimetrice** = totalitatea solidelor insolubile care pot sedimenta natural într-o anumită perioadă de timp.
- Procentul pe care îl reprezintă suspensiile gravimetrice în totalul solidelor în suspensie este indicatorul care permite dimensionarea denisipatoarelor.



CARACTERIZAREA APELOR NATURALE

- **Suspensiile coloidale** = totalitatea particulelor dispersate a căror mărime variază între 1 și 100 nm, care, datorită proprietăților electrice de suprafață, nu sedimentează natural, îndepărtarea lor necesitând tratamente suplimentare de destabilizare (coagulare, floculare).
- O mărime legată de prezența suspensiilor coloidale este **turbiditatea apei**.



CARACTERIZAREA APELOR NATURALE

- **Gazele dizolvate**
- Dintre gazele solubile în apă, prezintă importanță pentru procesele de tratare și condiționare a apelor industriale: **oxigenul, dioxidul de carbon, amoniacul, hidrogenul sulfurat.**
- Alte gaze, cum ar fi: oxizii de sulf (SO_2 și SO_3), oxizii azotului (NO și NO_2 în special), HCl , HCN sunt specifice anumitor activități industriale (energetică, siderurgie, metalurgie, industrie chimică),



CARACTERIZAREA APELOR NATURALE

- **Oxigenul**
- Oxigenul din apă:
 - din atmosferă, O_2 se dizolva la supraf. apei,
 - ca rezultat al fotosintezei unor org. acvatice.
- **Consum biochimic de oxigen (CBO)** = cantitatea de oxigen consumată la întuneric, la 293 K (20 °C), într-o perioadă dată (5 zile) pentru a realiza, prin mijloace biologice, oxidarea materiei organice biodegradabile existente în apă.



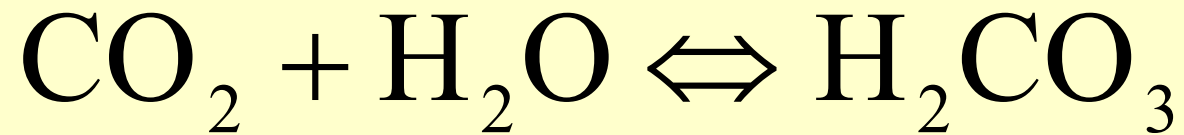
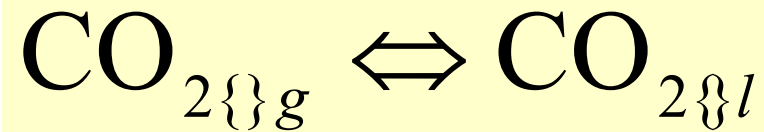
CARACTERIZAREA APELOR NATURALE

- **Dioxidul de carbon**
- Prezența CO_2 în apele naturale:
 - Din procesele de oxidare care au loc în apă (respirația organismelor, fermentarea resturilor organice),
 - Datorita echilibrului stabilit între apă și rocile cu conținut de carbonați (mai ales în cazul apelor subterane).
- Dizolvarea CO_2 în apă conduce la apariția mai multor specii, moleculare sau ionice:

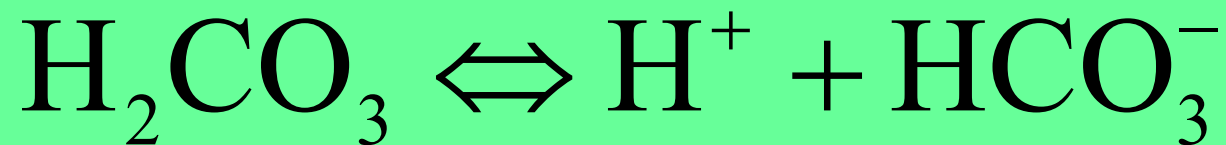
CARACTERIZAREA APELOR NATURALE



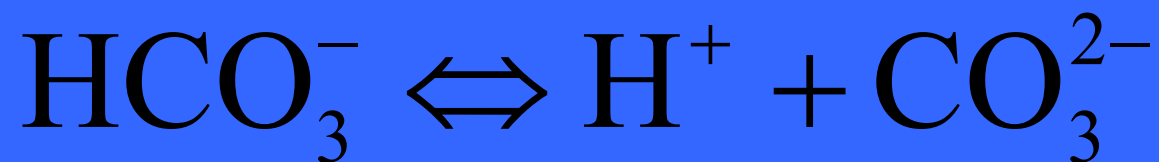
CO_2
liber



CO_2
semiliber
(semilegat)

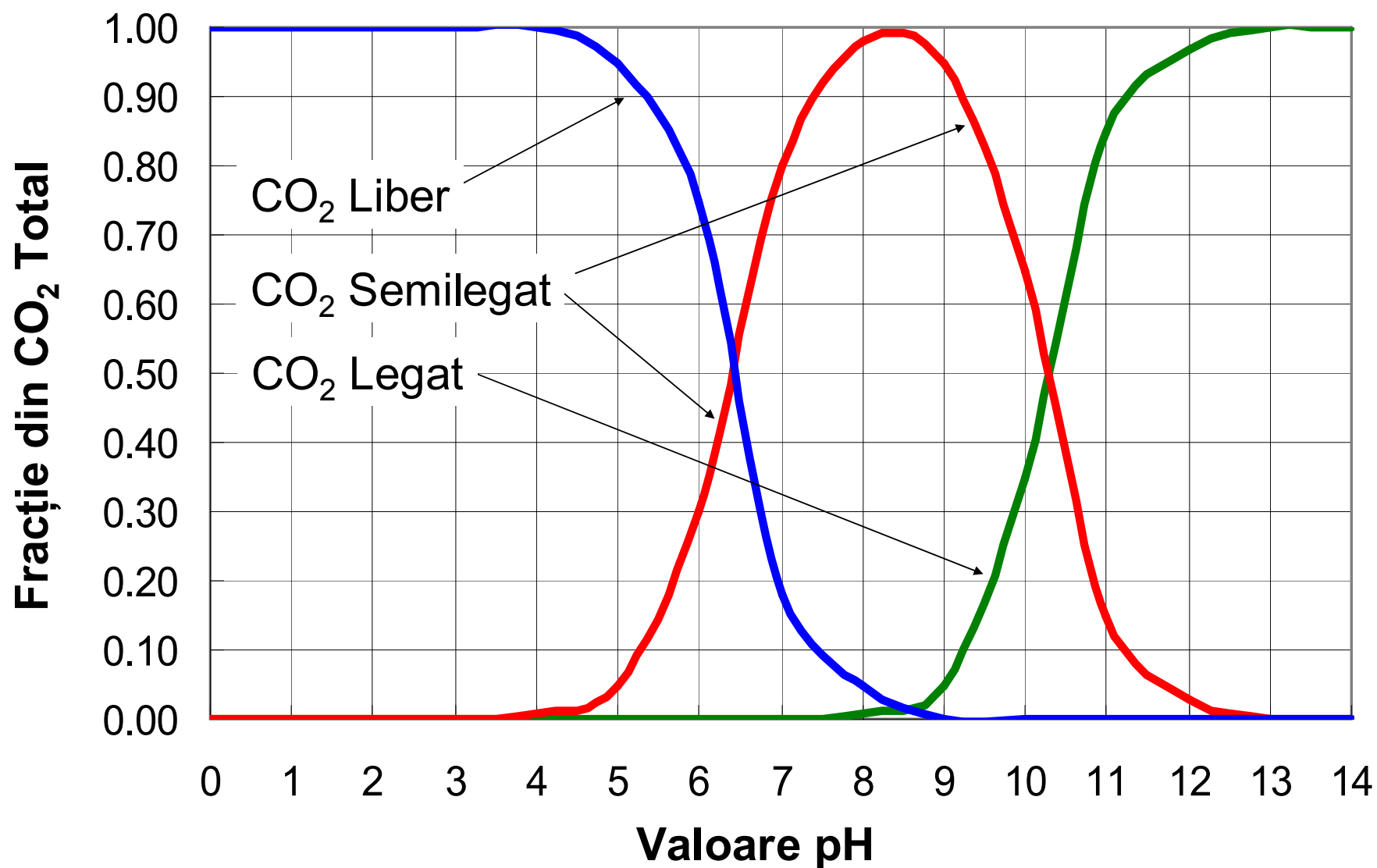


CO_2
legat





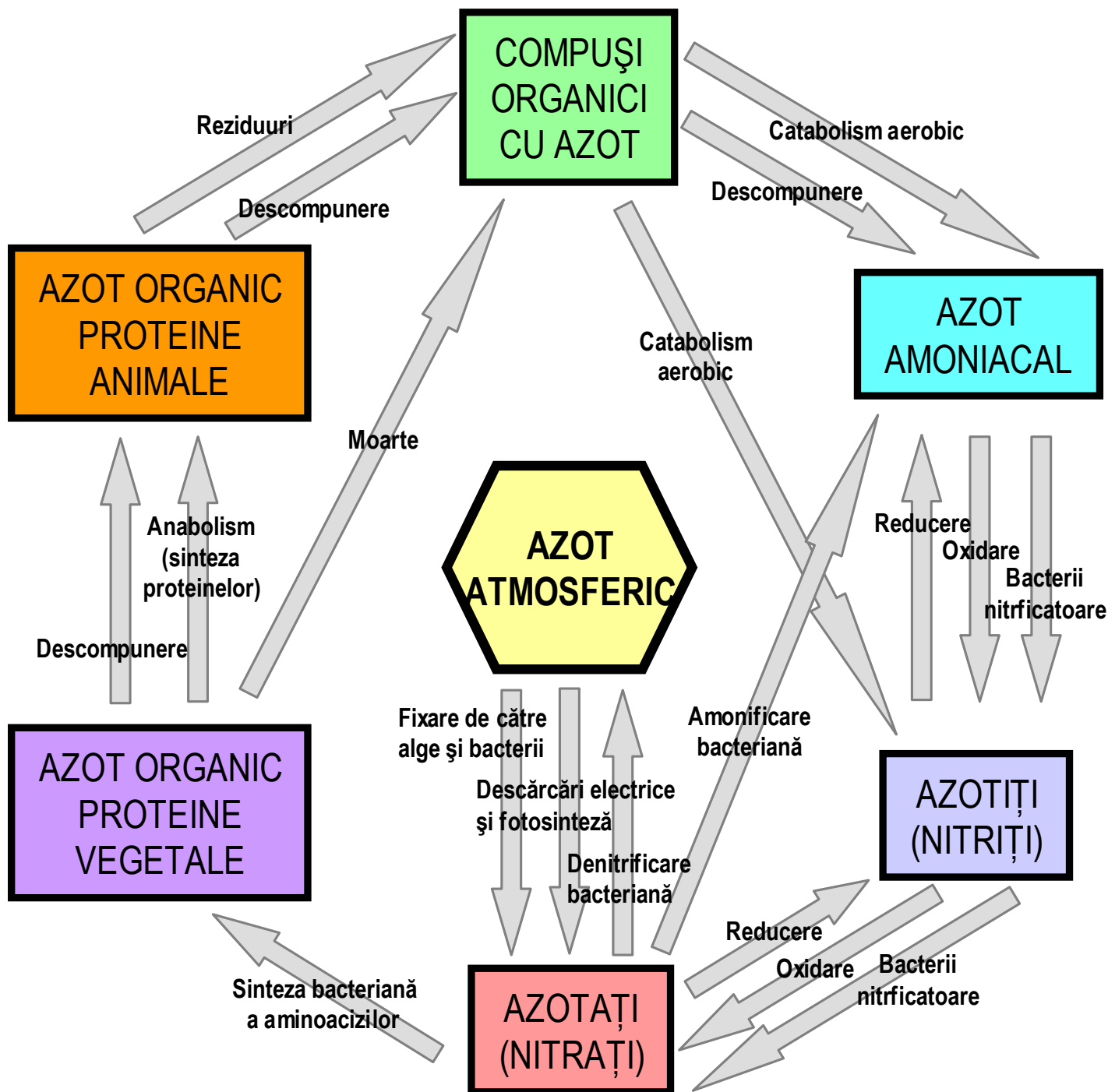
CARACTERIZAREA APELOR NATURALE





CARACTERIZAREA APELOR NATURALE

- **Amoniacul**
- În apă azotul poate apărea sub formă de:
 - azot molecular (N_2),
 - azot legat în diverse combinații organice,
 - amoniac (NH_3) sau ioni amoniu (NH_4^+),
 - azotiți (nitriți) (NO_2^-),
 - azotați (nitrați) (NO_3^-).
- Amoniacul constituie o fază intermediară în ciclul complex al azotului:





CARACTERIZAREA APELOR NATURALE

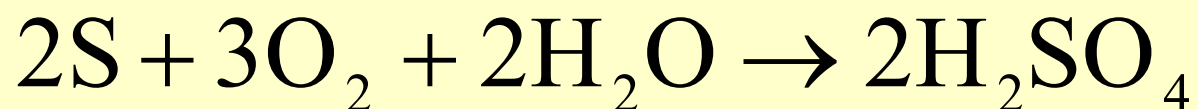
- **Nitrificarea**, constă din două procese succesive:
 - formarea azotiților, sub acțiunea bacteriilor formatoare de azotiți, cum sunt *Nitrosomonas*, *Nitrosocystis*, *Nitrosospira*, *Nitrosoglea*, etc.
 - formarea azotaților, sub acțiunea bacteriilor de tip *Nitrobacter*, *Nitrocystis*, *Bactoderma*, *Microderma*, etc.
- bacteriile sunt autotrofe și strict aerobe



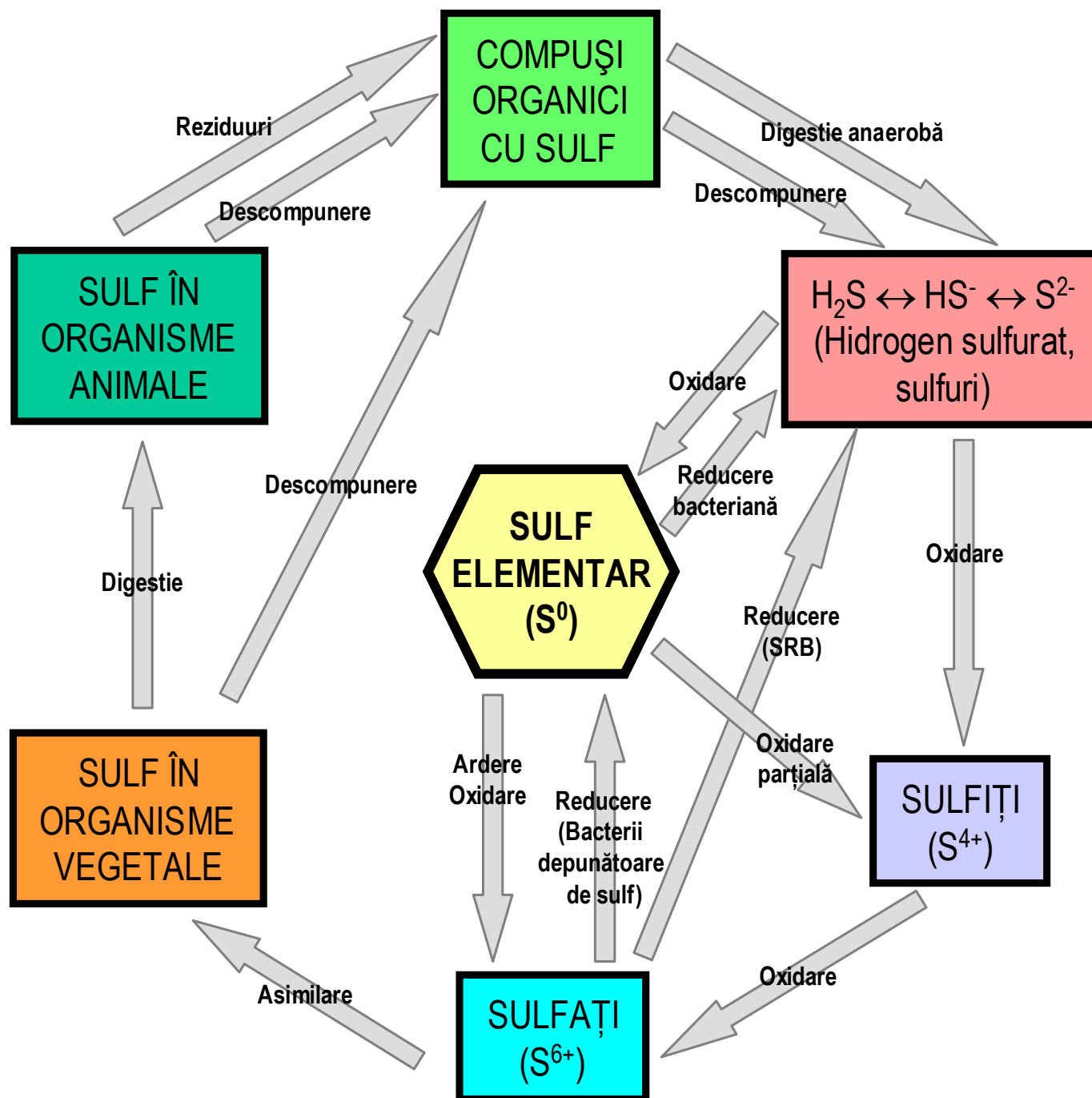
CARACTERIZAREA APELOR NATURALE

- **Hidrogenul sulfurat**

- Sub acțiunea bacteriilor, H_2S se poate oxida până la acid sulfuric, agent coroziv pentru majoritatea conductelor și echipamentelor metalice: $2H_2S + O_2 \rightarrow 2H_2O + 2S$



- Alte bacterii, care secretă sulforeductaze, pot cataliza reacția globală de reducere a H_2SO_4 până la H_2S : $H_2SO_4 + 4H_2 \rightarrow H_2S + 4H_2O$





CARACTERIZAREA APELOR NATURALE

- În funcție de pH, hidrogenul sulfurat poate exista în apă sub forma următoarelor specii moleculare sau ionice:
 - gaz dizolvat fizic, la $\text{pH} < 5$;
 - gaz dizolvat fizic și anioni HS^- , la $5 < \text{pH} < 9$;
 - anioni HS^- și anioni S^{2-} , la $\text{pH} > 9$.



Sărurile minerale dizolvate

Clasa 1	Componenti primari – uzual peste 5 mg.L⁻¹		
	calciu	magneziu	sodiu
	carbonați acizi	silice	sulfati
	cloruri	substanțe organice	total solide dizolvate
Clasa 2	Componenti secundari – uzual peste 0,1 mg.L⁻¹		
	amoniu	fier	potasiu
	azotați	fluoruri	stronțiu
	borati		



Sărurile minerale dizolvate

Clasa 3	Componenti terțiari - uzual peste 0,01 mg.L⁻¹		
	aluminii	cupru	plumb
	arsen	fosfați	zinc
	bariu	litii	
	bromuri	mangan	
Clasa 4	Componenti cuaternari (în urme) - uzual sub 0,01 mg.L⁻¹		
	cadmiu	mercur	staniu
	crom	nichel	titan
	cobalt	stibiu	



Sărurile minerale dizolvate

Clasa 5

Componenti tranzitorii

Aciditate - alcalinitate: H^+/OH^-

Cicluri biologice

Ciclul carbonului: $C_{organic}/CH_4/CO/CO_2/(CH_2O)_n/C_{\text{țesuturi vii}}$

Ciclul oxigenului: O_2/CO_2

Ciclul azotului: $N_{organic}/NH_3/NO_2^-/NO_3^-/N^0/\text{aminoacizi}$

Ciclul sulfului: $S_{organic}/HS^-/SO_3^{2-}/SO_4^{2-}/S^0$

Reacții redox

Oxidarea materialelor

- din mediul natural: O_2 , S
- tratarea reziduurilor: Cl_2 , CrO_4^{2-}

Reducerea materialelor

- din mediul natural: Fe^{2+} , Mn^{2+} , HS^- , substanțe organice
- tratarea reziduurilor: Fe^{2+} , SO_2 , SO_3^{2-} , substanțe organice

Radionuclizii



CARACTERIZAREA APELOR NATURALE

- Apa fiind un electrolit neutru, suma conținutului de cationi trebuie să fie egală cu suma conținutului de anioni.
- Astfel, când concentrațiile tuturor ionilor sunt exprimate în mg/L, trebuie satisfăcută egalitatea:

$$\frac{\text{Na}^+}{23,0} + \frac{\text{K}^+}{39,1} + \frac{\text{Ca}^{2+}}{20,05} + \frac{\text{Mg}^{2+}}{12,16} = \frac{\text{Cl}^-}{35,5} + \frac{\text{HCO}_3^-}{61,03} + \frac{\text{SO}_4^{2-}}{48,03} + \frac{\text{SiO}_3^{2-}}{38,03}$$



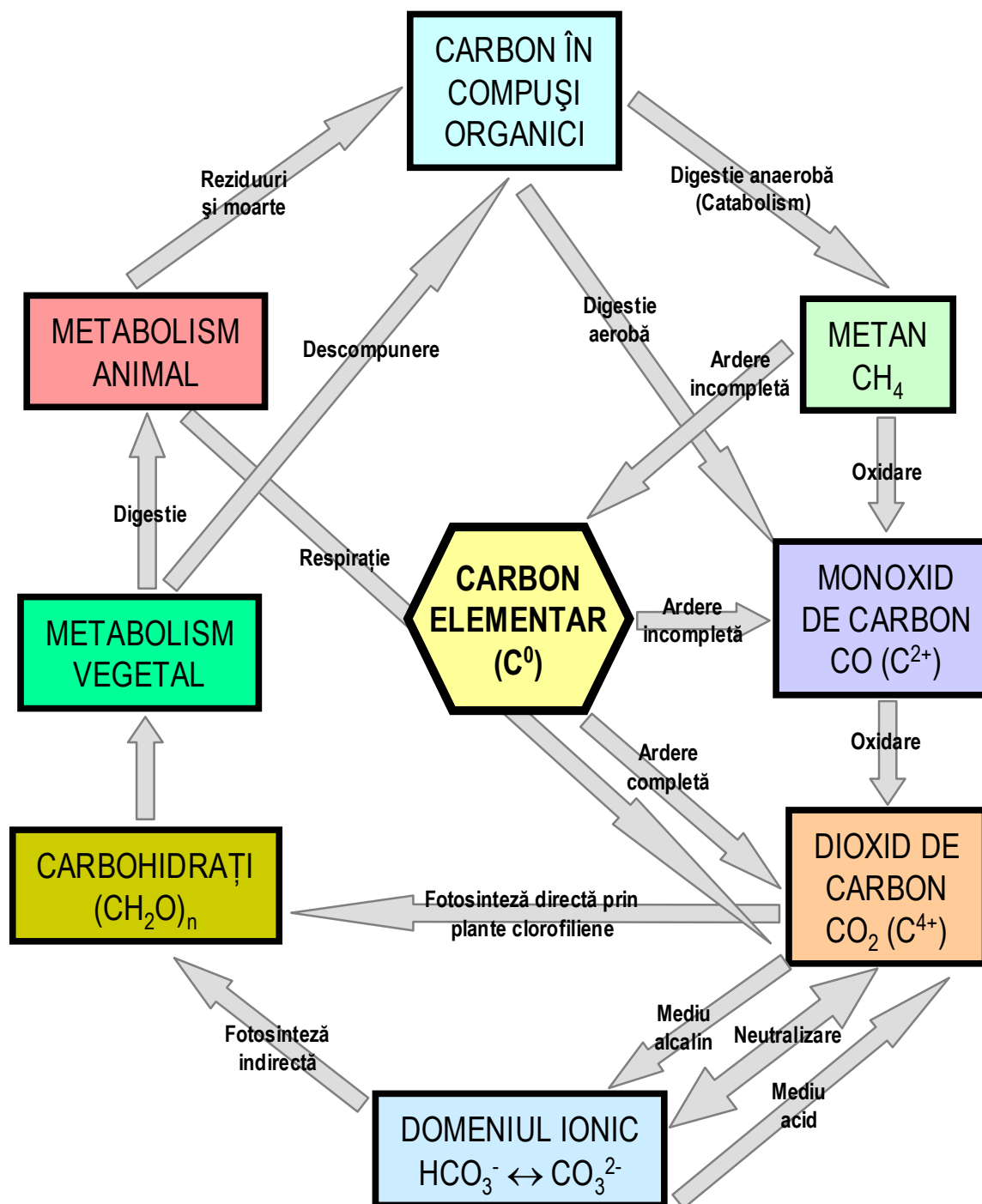
CARACTERIZAREA APELOR NATURALE

- Conținutul general de săruri din apă:
- **reziduul uscat** = conținutul de substanțe dizolvate dintr-o cantitate de apă evaporată la $278 - 293 \text{ K}$ / $105 - 120 \text{ }^{\circ}\text{C}$,
- **reziduul calcinat** = conținutul de substanțe dizolvate dintr-o cantitate de apă calcinată la 1073 K / $800 \text{ }^{\circ}\text{C}$.



CARACTERIZAREA APELOR NATURALE

- **Substanțele organice**
- Conținutul de SO din apă = un important indicator de calitate, SO servind drept suport nutritiv pentru organismele vii.
- O mare cantitate de bacterii sau plancton este asociată cu o concentrație mare a SO.
- SO naturale din apă:
 - substanțele humice,
 - acizii hidrofilii,
 - acizii carboxilici,
 - peptidele și aminoacizii,
 - hidrații de carbon (glucidele sau zaharurile),
 - hidrocarburile.





CARACTERIZAREA APELOR NATURALE

- **Substanțele organice poluante**
- Compușii organici nebiodegradabili au fost împărțiți în 9 clase de compuși:
 - Compuși halogenați ai hidrocarburilor saturate și nesaturate
 - Compuși aromatici monociclici
 - Compuși fenolici
 - Compuși policiclici
 - Eteri
 - Esteri ai acidului ftalic
 - Compuși cu azot
 - Pesticide
 - Compuși policlorurați ai fenil benzenului



CARACTERIZAREA APELOR NATURALE

- Toți acești compuși provin din industriile de proces:
 - sinteză organică,
 - textile,
 - lemn,
 - celuloză și hârtie,
 - petrochimie,
 - metalurgie,
 - minerit.

Indicatori generali pentru conținutul de SO din apă



- **CBO (BOD)**
- **Consum Biochimic de Oxigen** (Biochemical Oxygen Demand) - măsoară capacitatea bacteriilor comune de a digera materia organică, de regulă după o incubare de 5 zile la 293 K (20 °C), prin determinarea scăderii consumului de oxigen.
- Indicatorul măsoară conținutul de materie organică biodegradabilă. Se exprimă ca O_2



Indicatori generali pentru conținutul de SO din apă

- **CCO (COD)**
- **Consum Chimic de Oxigen** (Chemical Oxygen Demand) - Măsoară capacitatea unor oxidanți puternici: $K_2Cr_2O_7$ (CCO-Cr) sau $KMnO_4$ (CCO-Mn) de a oxida substanțele organice.
- Măsoară materia organică biodegradabilă și nebiodegradabilă.
- Se exprimă ca O_2 .



Indicatori generali pentru conținutul de SO din apă

- **CIO (IDOD)**
- **Consum Imediat de Oxigen** (Immediate Dissolved Oxygen Demand) - Măsoară prezența unor reducători puternici în deșeuri care ar avea un efect imediat în reducerea conținutului de O_2 din receptor.
- Se măsoară prin reducerea conținutului de oxigen la 15 minute după diluarea probei cu o apă saturată în O_2 .
- Se exprimă ca O_2 .



Indicatori generali pentru conținutul de SO din apă

- **CEA (CAE)**
- **Carbon Extract Alcoolic** (Carbon-Alcohol Extract) - Substanțele organice adsorbite pe un cartuș cu cărbune activat sunt extrase cu etanol, după extracția prealabilă cu cloroform pe același cartuș.



Indicatori generali pentru conținutul de SO din apă

- **CEC (CCE)**
- **Carbon Extract Cloroformic** (Carbon-Chloroform Extract) - Substanțele organice adsorbite pe un cartuș cu cărbune activat sunt extrase cu cloroform.
- Extrasul este cântărit sau analizat în continuare.



Indicatori generali pentru conținutul de SO din apă

- **COT (TOC)**
- **Carbon Organic Total** (Total Organic Carbon) – Măsoară cantitatea de CO_2 rezultată prin arderea substanțelor organice existente într-o probă de apă supusă pulverizării într-o cameră de combustie.
- În prealabil, CO_2 echivalent alcalinității apei trebuie îndepărtat, sau ulterior trebuie scăzută această valoare din valoarea CO_2 total.
- Se exprimă drept C.



Indicatori generali pentru conținutul de SO din apă

- **CULOARE (COLOUR)**
- **Culoare (Colour)** - Reprezintă o măsură grosieră a taninurilor, ligninei și a altor substanțe humice din apele de suprafață sau din anumite ape reziduale, cum ar fi cele de la fabricarea celulozei sulfat.
- Se exprimă în unități de culoare, în concordanță cu etaloanele de Pt.



Indicatori generali pentru conținutul de SO din apă

- **ES (SE)**
- **Extractabile cu Solvenți** (Solvent Extractables) - Măsoară cantitatea de substanțe organice direct extractabile din apă, folosind ca solvent hexanul (uneori se folosește cloroformul sau tetraclorura de carbon).



Indicatori generali pentru conținutul de SO din apă

- **PC (LOI)**
- **Pierderi la Calcinare (Loss On Ignition)** -
La determinarea acestui indicator, proba de apă este în prealabil evaporată la sec și cântărită. Reziduul solid este calcinat apoi la roșu și recântărit.
- Diferență dintre cele două cântăriri reprezintă PC. Calcinarea produce arderea substanțelor organice, dar afectează și compoziția minerală, prin transformarea carbonaților în oxizi, astfel încât PC nu reprezintă integral pierderi de substanță organică.

Duritatea și alcalinitatea apei



- Duritatea reprezintă conținutul de săruri de calciu și magneziu din apă
- Pentru exprimarea durității apei se utilizează **gradul de duritate**, care poate fi:
 - francez,
 - german,
 - englez,
 - american

Unități de măsură pentru exprimarea durității apei



Denumire	Simbol	Valoare
Grad de duritate francez	°F	$1\text{ }^{\circ}\text{F} = 10\text{ mg.L}^{-1}\text{ CaCO}_3$
Grad de duritate german	°D	$1\text{ }^{\circ}\text{D} = 10\text{ mg.L}^{-1}\text{ CaO}$
Grad de duritate englez	°UK	$1\text{ }^{\circ}\text{UK} = 14,38\text{ mg.L}^{-1}\text{ CaCO}_3$
Grad de duritate american	°US	$1\text{ }^{\circ}\text{US} = 1\text{ mg.L}^{-1}\text{ CaCO}_3$
Milival la litru (mg echiv.L ⁻¹)	mval.L ⁻¹	$1\text{ mval.L}^{-1} = 12,16\text{ mg.L}^{-1}\text{ Mg}^{2+}$



Duritatea și alcalinitatea apei

- În România, exprimarea durității este reglementată de standardul **STAS 3026-76**, conform căruia 1 grad duritate = 10 mg.L⁻¹ CaO (identic cu gradul german).

Unitatea	1 °F	1 °D	1 °UK	1 °US	1 ° STAS 3026-76	1mval.L ⁻¹ Mg
1 °F	1,000	0,560	0,701	10,000	0,560	0,199
1 °D	1,784	1,000	1,252	17,847	1,000	0,356
1 °UK	1,423	0,798	1,000	14,253	0,798	0,284
1 °US	0,100	0,056	0,070	1,000	0,056	0,019
1 ° STAS 3026-76	1,784	1,000	1,252	17,847	1,000	0,356
1mval.L ⁻¹ Mg	5,005	2,804	3,511	50,045	2,804	1,000

Duritatea și alcalinitatea apei



- **Duritatea totală** (D_T) reprezintă suma tuturor sărurilor de calciu și de magneziu prezente în apă:

$$D_T = D_{Ca} + D_{Mg}$$

- D_{Ca} = duritatea de calciu,
- D_{Mg} = duritatea de magneziu

Duritatea și alcalinitatea apei



- **Duritatea temporară** (D_{TP}) = suma carbonaților acizi de calciu și de magneziu prezenți în apă.
- Se numește „temporară”, întrucât poate fi îndepărtată prin fierberea apei:



Duritatea și alcalinitatea apei



- **Duritatea permanentă** (D_p) este dată de conținutul celorlalte săruri de calciu și magneziu (cloruri, sulfati, etc.) și nu este influențată de fierberea apei.
- Între duritatea totală, cea temporară și cea permanentă există relația:

$$D_T = D_{TP} + D_P$$

Clasificare apelor în funcție de valoarea durtății totale



Tipul de apă	Valoarea durtății totale	
	[°D]	[mg.L ⁻¹ CaCO ₃]
Apă foarte moale	< 5	< 90
Apă moale	5 - 10	90 - 180
Apă mijlocie	10 - 20	180 - 360
Apă dură	20 - 30	360 - 540
Apă foarte dură	> 30	> 540

Duritatea și alcalinitatea apei



- Duritatea mare a apei industriale este principala sursă de formare a **crustelor** în echipamentele de transfer de căldură: schimbătoare de căldură, evaporatoare, condensatoare, boilere, economizoare etc.
- **Eliminarea durității apei** se poate realiza prin:
 - tratare externă (dedurizare cu var, dedurizare cu var și sodă - la rece sau la cald, schimb ionic)
 - tratare internă (tratarea apelor de cazan cu fosfați sau agenți de chelatizare, tratarea apelor de răcire cu polimeri antiincrustanți)

Duritatea și alcalinitatea apei



- **Alcalinitatea** apei poate fi dată de prezența diferiților compuși.
- De regulă, pentru simplificare, se consideră că alcalinitatea este conferită apei de către ionii de:
 - carbonat acid, HCO_3^-
 - carbonat, CO_3^{2-}
 - hidroxid, OH^-

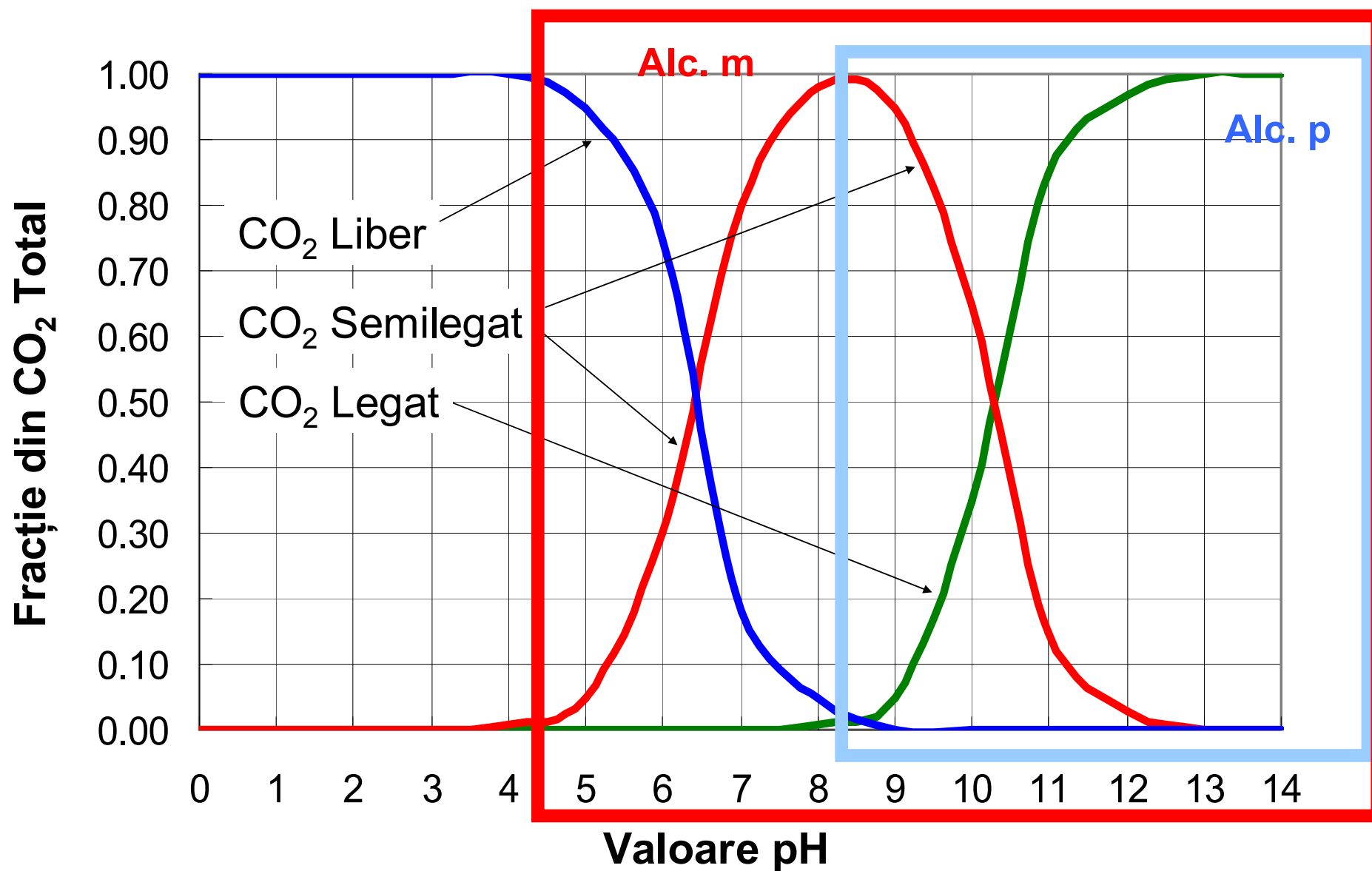
Duritatea și alcalinitatea apei



- **Alcalinitatea p** = alcalinitatea pusă în evidență prin titrarea în prezență de **fenolftaleină**, respectiv cea existentă în domeniul de $\text{pH} = 8,3 - 14$.
 - Este conferită de toți ionii CO_3^{2-} , $\frac{1}{2}$ din ionii HCO_3^- și ionii OH^- .
- **Alcalinitatea m** = alcalinitatea pusă în evidență prin titrarea în prezență de **metiloranj**, respectiv cea existentă în domeniul de $\text{pH} = 4,3 - 14$.
 - Este conferită de toți ionii CO_3^{2-} , HCO_3^- și ionii OH^- .



CARACTERIZAREA APELOR NATURALE





Duritatea și alcalinitatea apei

- Alcalinitate m = alcalinitate totală.

Săruri în apă [mval.L ⁻¹]	Relația dintre alcalinitățile m și p				
	$p = 0$	$p < m/2$	$p = m/2$	$p > m/2$	$p = m$
Carbonați acizi, HCO_3^-	m	$m - 2p$	0	0	0
Carbonați, CO_3^{2-}	0	$2p$	m	$2(m - p)$	0
Hidroxizi, OH^-	0	0	0	$2p - m$	m



Echilibrul carbonic al apei

- Princ. comp. minerală dizolvată în apele naturale dulci = $\text{Ca}(\text{HCO}_3)_2$.
- Între $\text{Ca}(\text{HCO}_3)_2$, CO_2 și CaCO_3 se stabilește un echilibru guvernat de legi complexe, echilibru redat global prin ecuația:



-  apa este agresivă
-  apa este incrustantă



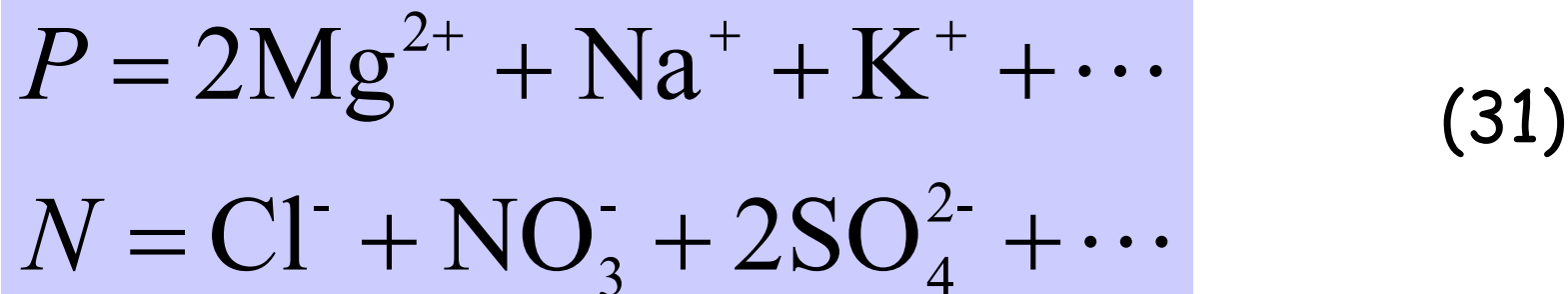
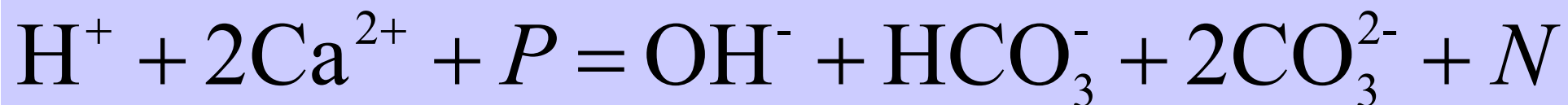
Echilibrul carbonic al apei

- Echilibrul dintre carbonatul de calciu și carbonatul acid de calciu din apă este influențat de un număr mare de factori.
- Pentru evaluarea cantitativă a caracterului agresiv sau incrustant al apei s-au efectuat studii complexe referitoare la influența salinității și temperaturii asupra echilibrului carbonic al apei.



Echilibrul carbonic al apei

- Noțiunea de pH de saturație
- Neutralitatea electrică a apei poate fi scrisă sub forma echilibrului ionic: (30)





Echilibrul carbonic al apei

- Produsul ionic al apei se scrie sub forma:

$$K_w^* = [H^+] \cdot [OH^-], \text{ cu } pK_w^* = pK_w - \varepsilon \quad (32)$$

- Disocierea acidului carbonic este redată de ecuațiile:

$$K_1^* = \frac{[H^+] \cdot [HCO_3^-]}{[H_2CO_3]}, \text{ cu } pK_1^* = pK_1 - \varepsilon \quad (33)$$

$$K_2^* = \frac{[H^+] \cdot [CO_3^{2-}]}{[HCO_3^-]}, \text{ cu } pK_2^* = pK_2 - 2\varepsilon \quad (34)$$

- Produsul de solubilitate al carbonatului de calciu se scrie sub forma:

$$P_s^* = [Ca^{2+}] \cdot [CO_3^{2-}], \text{ cu } pK_s^* = pK_s - 4\varepsilon \quad (35)$$



Echilibrul carbonic al apei

- Ionii Ca^{2+} , H^+ , OH^- , HCO_3^- , CO_3^{2-} și acidul carbonic sunt **factori fundamentali** ai echilibrului carbonic al apei.
- Ceilalți ioni, simbolizați prin sumele N (anioni) și P (cationi), influențează în special tăria ionică a soluției și sunt **factori secundari** în echilibrul carbonic al apei.



Echilibrul carbonic al apei

- Termenul ε este funcție de tăria ionică a soluției, μ , în conformitate cu ecuația:

$$\varepsilon = \frac{\sqrt{\mu}}{1 + 1,4\sqrt{\mu}} \quad (36)$$

- în care tăria ionică, exprimată în mol/L, este definită de relația:

$$\mu = 0,5 \sum C_i \cdot z_i^2 \quad (37)$$

- în care C_i și z_i sunt respectiv concentrația molală [mol.kg^{-1}] și valența diverșilor ioni existenți în soluție.



Echilibrul carbonic al apei

- Din ecuațiile (32) – (35) se obține valoarea concentrației ionilor de hidrogen la saturație:

$$[H^+] = \frac{K_2^*}{P_s^*} \cdot [HCO_3^-] \cdot [Ca^{2+}] \quad (38)$$

- respectiv a **pH-ului de saturație**:

$$pH_s = pK_2^* - pP_s^* - \log[Ca^{2+}] - \log[HCO_3^-] \quad (39)$$

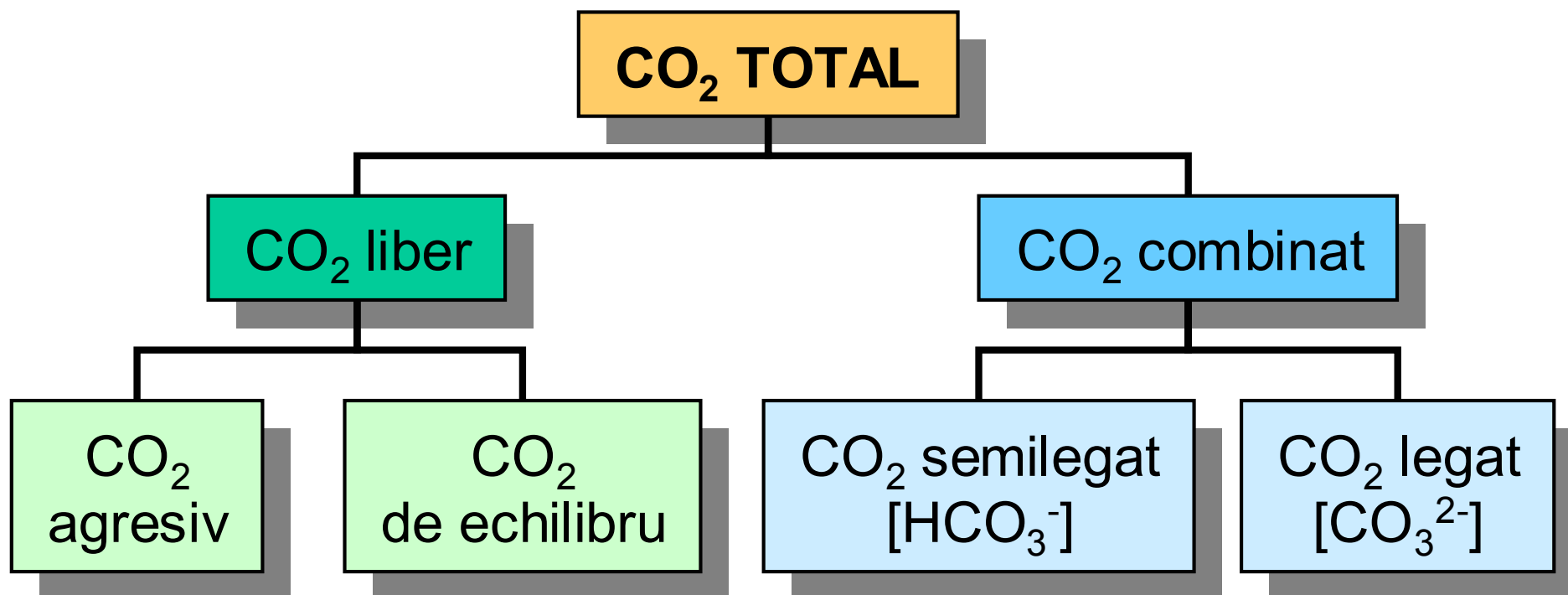


Echilibrul carbonic al apei

- Când pH-ul apei este egal cu pH-ul de saturație, nu are loc nici depunerea de cruste de CaCO_3 , nici dizolvarea crustelor de CaCO_3 .
- Concentrația CO_2 din apă corespunzătoare valorii pH_s poartă denumirea de **concentrație de echilibru** a CO_2 .
- La $\text{pH} < \text{pH}_s$ - apa este agresiva
- La $\text{pH} > \text{pH}_s$ - apa este incrustanta
- Excesul de CO_2 peste concentrația CO_2 de echilibru, este cunoscut sub denumirea de **CO_2 agresiv**



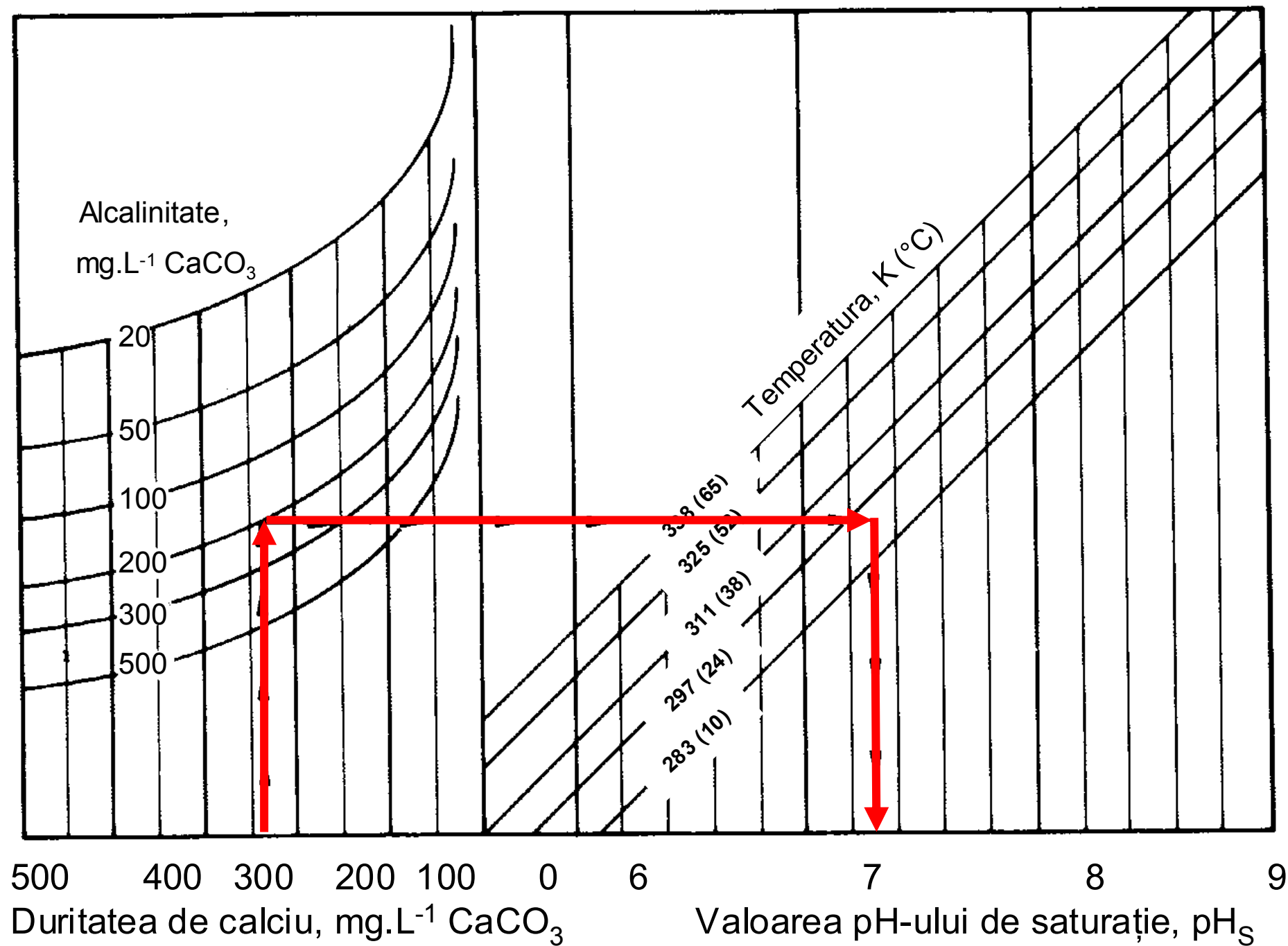
Echilibrul carbonic al apei





Indicele de saturație Langelier

- Pornind de la ecuația (39), ecuație care definește valoarea pH-ului de saturație, **Langelier** elaborează o metodă grafică de calcul, care permite determinarea valorii pH_s ca o funcție de alcalinitatea și duritatea de calciu a apei (ambele exprimate în $mg/L CaCO_3$) și de temperatură.





Indicele de saturație Langelier

- Cunoscând și valoarea actuală a pH-ului apei, se poate calcula valoarea **indicelui de saturație** al apei, denumit ulterior **Indice de Saturație Langelier (LSI)**:

$$LSI = pH - pH_s \quad (40)$$

- Dacă $pH < pH_s$, $LSI < 0$ - apa coroziva
- Dacă $pH > pH_s$, $LSI > 0$ - apa incrustanta
- Dacă $pH = pH_s$, $LSI = 0$ - apa la echilibru



Indicele de saturație Langelier

- Introducerea programelor de calcul tabelar de tip *Spreadsheet* (Excel®), permite utilizarea unor ecuații algebrice pentru calculul pH_s :

$$pH_s = 12,053 - 0,018921 \cdot T + 0,1 \cdot \log \gamma + \log m - \log D_{Ca} \quad (42)$$

- T = temperatura apei ($^{\circ}C$),
- γ = conductivitatea apei ($\mu S.cm^{-1}$),
- m = alcalinitatea apei ($mg.L^{-1} CaCO_3$),
- D_{Ca} = duritatea de calciu a apei ($mg.L^{-1} CaCO_3$).



Indicele de saturație Langelier

- Indicele de saturație Langelier este de **natură calitativă**; el permite mai degrabă stabilirea direcției în care se manifestă caracterul apei: spre agresivitate (coroziune) sau spre formare de cruste.
- Două ape diferite, una având alcalinitate scăzută (fiind deci corozivă), iar alta având alcalinitate ridicată (fiind deci incrustantă) pot avea aceeași valoare LSI.
- Indicele LSI este util pentru caracterizarea comportării apei în volume mari, unde vitezele de circulație sunt scăzute: limpezitoare, decantoare, filtre, bazine, rezervoare.



Indicele de stabilitate Ryznar

- Pt. caracterizarea comportării apei în spații în care vitezele de circulație sunt relativ ridicate:
 - conducte de transport,
 - schimbătoare de căldură,
- indice empiric introdus de *J. W. Ryznar* pe baza studiilor privind depunerea de cruste și coroziunea într-un număr mare de sisteme municipale de transport și distribuție a apei

Indicele de stabilitate Ryznar

- Indicele RSI este derivat in indicele LSI, putând fi calculat cu relația:

$$RSI = 2pH_s - pH \quad (43)$$

- Indicele $RSI > 0$, funcție de valoarea sa stabilindu-se caracterul **incrustant** sau **coroziv** al apei



Indicele de stabilitate Ryznar

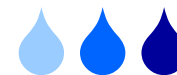
Caracterul apei în funcție de valoarea RSI

Valoarea RSI	Caracterul apei
4,0 - 5,0	puternic incrustant
5,0 - 6,0	slab incrustant
6,0 - 7,0	neincrustant si necoroziv
7,0 - 7,5	slab corosiv
7,5 - 8,5	foarte coroziv

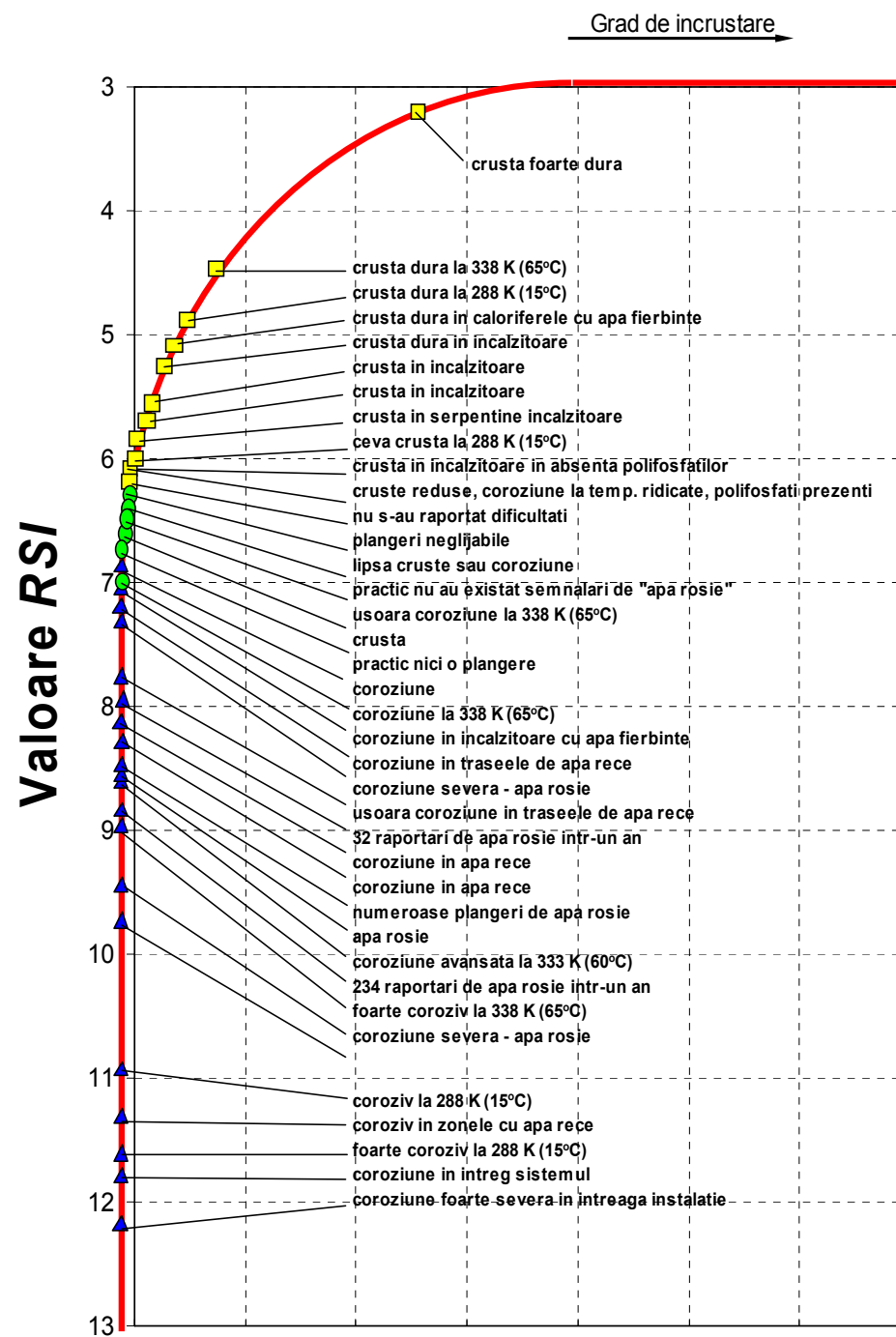


Indicele de stabilitate Ryznar

- Ca regulă generală:
 - indicele **LSI** este util pentru caracterizarea volumelor mari de apă,
 - indicele **RSI** este util pentru stabilirea caracterului apelor aflate în curgere în spații închise (conducte de transport, țevi ale schimbătoarelor de căldură, etc.), vitezele de curgere fiind mai mari de $0,6 \text{ m.s}^{-1}$, sau suficient de mari pentru prevenirea particulelor solide aflate în suspensie.



■ Cruste ● Plângeri neglijabile ▲ Coroziune



CALITATEA APELOR NATURALE



- Apele naturale - sursa de apă pentru toate utilizările:
 - consum uman,
 - activități industriale,
 - agricultură,
 - zootehnie.
- În România, calitatea apelor de suprafață
 - cursuri de apă naturale sau amenajate,
 - lacuri naturale și de acumulare - este reglementată prin **STAS 4706-88**.

CALITATEA APELOR NATURALE



- Apele de suprafață sunt clasificate în 3 categorii de calitate:
 - **Apele de cat I** = coresp. calitativ pt.:
 - alimentarea potabilă centralizată,
 - fabricarea unor produse alimentare,
 - ștranduri,
 - salmonicultură,
 - alimentarea unităților de creștere a animalelor
 - alimentarea centralizată cu apă anumitor culturi agricole irigate.

CALITATEA APELOR NATURALE



- **Apele de cat a II-a** = coresp. calitativ pt.:
 - piscicultură (exclusiv salmonicultura),
 - alimentarea cu apă a unor procese tehnologice industriale,
 - scopuri urbanistice.
- **Apele de cat a III-a** = utilizabile doar pt.:
 - alimentarea cu apă a unor industrii,
 - alimentarea cu apă a sistemelor de irigații.



Indicatorul	Valori admise pe categorii de calitate		
	I	II	III
Amoniu (NH_4^+), mg.L^{-1} , max	1	3	10
Amoniac (NH_3), mg.L^{-1} , max	0,1	0,3	0,5
Azotați (NO_3^-), mg.L^{-1} , max	10	30	NN*
Azotiți (NO_2^-), mg.L^{-1} , max	1	3	NN*
Calciu (Ca^{2+}), mg.L^{-1} , max	150	200	300
Cloruri (Cl^-), mg.L^{-1} , max	250	300	300
Clor rezidual liber (Cl_2), mg.L^{-1} , max	0,005	0,005	0,005
Dioxid de carbon liber, mg.L^{-1} , max	50	50	50
Fenoli antrenabili cu vapori de apă ($\text{C}_6\text{H}_5\text{OH}$), mg.L^{-1} , max	0,001	0,02	0,05
Fier total (Fe^{2+}), mg.L^{-1} , max	0.3	1	1
Fosfor (P), mg.L^{-1} , max	0,1	0,1	0,1

Caracteristici chimice generale ale apelor de suprafață (continuare)

Indicatorul	Valori admise pe categorii de calitate		
	I	II	III
H ₂ S și sulfuri (S ²⁻), mg.L ⁻¹ , max	lipsă	lipsă	0,1
Magneziu (Mg ²⁺), mg.L ⁻¹ , max	50	100	200
Mangan (Mn ²⁺), mg.L ⁻¹ , max	0,1	0,3	0,8
O ₂ dizolvat în apă, mg.L ⁻¹ , min	6	5	4
Produse petroliere, mg.L ⁻¹ , max	0,1	0,1	0,1
Rez. filtrabil uscat la 105°C, mg.L ⁻¹ , max	750	1000	1200
Sodiu (Na ⁺), mg.L ⁻¹ , max	100	200	200
Sulfați (SO ₄ ²⁻), mg.L ⁻¹ , max	200	400	400
Substanțe organice, mg.L ⁻¹ O ₂ , max			
- consum biochimic de oxigen (CBO ₅)	5	7	12
- consum chimic de oxigen (CCO)			
- metoda cu KMnO ₄ (CCO-Mn)	10	15	25
- metoda cu K ₂ Cr ₂ O ₇ (CCO-Cr)	10	20	30

Indicatorul	Valori admise pe categoriile de calitate I, II și III
Argint, mg.L ⁻¹	0,01
Arsen, mg.L ⁻¹	0,01
Bariu, mg.L ⁻¹	1,0
Cadmium, mg.L ⁻¹	0,003
Cianuri, mg.L ⁻¹	0,01
Cobalt, mg.L ⁻¹	1,0
Crom trivalent, mg.L ⁻¹	0,5
Crom hexavalent, mg.L ⁻¹	0,05
Cupru, mg.L ⁻¹	0,05
Detergenți anionici, mg.L ⁻¹	0,5
Fluor, mg.L ⁻¹	0,5*
Hidrocarburi aromatice policiclice, mg.L ⁻¹	0,0002

Indicatorul	Valori admise pe cat.de calitate I, II și III
Mercur, mg.L ⁻¹	0,001
Molibden, mg.L ⁻¹	0,05
Nichel, mg.L ⁻¹	0,1
Erbicide, mg.L ⁻¹	
- triazine	0,001
- triazinone	0,001
- toluidine	0,001
Insecticide, mg.L ⁻¹	
- organoclorurate	0,0001
- organofosforice	lipsă
- organometalice	lipsă
Nitroderivați, mg.L ⁻¹ (dinitro-o-crezol, dinitro-sec-butilfenol)	lipsă
Plumb, mg.L ⁻¹	0,05
Seleniu, mg.L ⁻¹	0,01
Zinc, mg.L ⁻¹	0,03



Caracteristici organoleptice, fizice și microbiologice ale apelor de suprafață

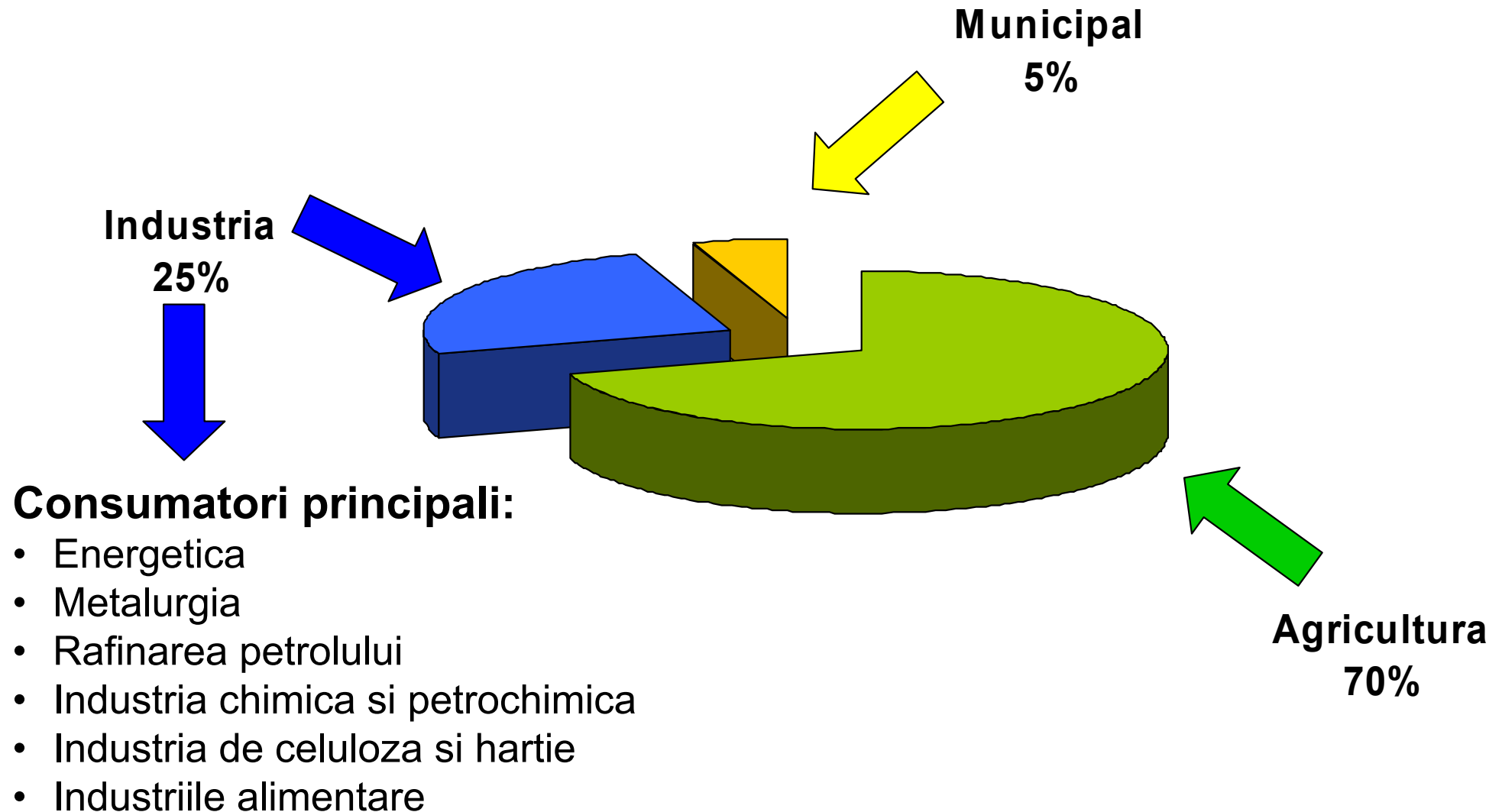
Indicatorul	Valori admise pe categorii de calitate		
	I	II	III
Culoare	fără culoare		
Miros	fără miros		
Concentrația ionilor H^+ , unități de pH	6,5 - 8,5		
Bacterii coliforme totale, nr. probabil/L	10^5	nu se normează	

Indicatori pentru procesul de eutrofizare a lacurilor



Indicatorul	Valori admise pentru lacuri naturale și de acumulare		
	oligotrofe	mezotrofe	eutrofe
Grad de saturație în oxigen, %	min 70	40 - 70	max 40
Substanțe nutritive: - azot total (N), mg.L ⁻¹ - fosfor total (P), mg.L ⁻¹	max 0,30 max 0,03	max 1,0 max 0,1	min 1,50 min 0,15
Biomasă fitoplanctonică, mg.L ⁻¹ substanță umedă	< 10	10 - 20	min 50

CONSUMUL DE APA PROASPATA



NECESARUL DE APĂ DE CONSUM

- Pt. băut și prep. hranei: $\sim 2 \text{ L}/(\text{om} \times \text{zi})$
- Acest consum este scăzut comparativ cu consumul pentru alte necesități.
- „Apă de consum” = apa (potabilă și industrială) necesară consumatorilor:
 - casnici,
 - municipali,
 - industriali,
 - agricoli

Tabelul 1. Consumatori de apă



Categoria de consumatori	Utilizarea apei pentru	Exemple
CENTRE POPULATE	necesități gospodărești	băut, spălat, preparare hrană, evacuare deșeuri
	necesități publice	birouri, școli, spitale, restaurante, săli de spectacole, stropirea spațiilor verzi, spălarea arterelor de circulație
	necesități industriale	preparare carne, legume, lapte, panificație, întreținere autovehicule
	necesități agricole	adăpat animale, spălat grajduri, stropit culturi
	șantiere de construcții	consum pentru utilaje și producție
	stingerea incendiilor	rezervă de apă

Tabelul 1. Consumatori de apă



Categoria de consumatori	Utilizarea apei pentru	Exemple
UNITĂȚI INDUSTRIALE	necesități igienico-sanitare	băut, cantine, băi, dușuri
	necesități tehnologice	înglobare în produse, spălare produse și/sau ambalaje
	necesități energetice	producerea aburului, energiei electrice, răcirea utilajelor
	necesități de transport	hidrotransportul materiilor prime și/sau produselor finite
	stingerea incendiilor	rezervă de apă

Tabelul 1. Consumatori de apă



Categoria de consumatori	Utilizarea apei pentru	Exemple
UNITĂȚI ENERGETICE	hidrocentrale	producerea directă a energiei
	termocentrale	producere de abur, răcire
	centrale nucleare	producere de abur, răcire
UNITĂȚI AGROZOOTEC HNICE	necesități agricole	irigarea culturilor
	necesități zootehnice	adăpatul animalelor, curățenie
	stingerea incendiilor	rezervă de apă



Necesarul si cerinta de apa

- **Necesarul de apă (N_A)** = cantitatea de apă care trebuie furnizată unui consumator în toate punctele de utilizare, astfel încât să se poată desfășura procesele în care este folosită apa.
- **Cerința de apă (C_A)** = cantitatea de apă care trebuie preluată din sursă pentru a acoperi în mod rațional necesarul de apă.



Necesarul si cerinta de apa

- Între cerință și necesar există relația:

$$C_A = N_A + C_{AD} - R \quad (1)$$

- C_{AD} = pierderile și nevoile proprii de apă ale sistemului de alimentare cu apă,
- R = cantitatea de apă recirculată



Necesarul si cerinta de apa

- Necesarul și cerința de apă pentru unități industriale:
- Se determină în conformitate cu STAS 1343/2-89, acest necesar incluzând:
 - apa pentru procesele de producție (apa cu caracter tehnologic),
 - apa pentru procesele igienico-sanitare și social administrative,
 - apa pentru combaterea incendiilor.



Necesarul si cerinta de apa

- **Apa cu caracter tehnologic** se utilizează pentru:
 - fabricarea produselor,
 - răcirea echipamentelor și utilajelor de producție,
 - răcirea rezervoarelor de produse lichide și/sau gazoase,
 - producerea aburului și/sau apei calde,
 - spălarea și transportul hidraulic al:
 - materiilor prime,
 - produselor secundare,
 - produselor finite,
 - deșeurilor și reziduurilor,
 - prelucrarea materiilor prime.



Necesarul si cerinta de apa

- **Apa pentru procese igienico-sanitare și social administrative** se utilizează pentru:
 - băut,
 - asigurarea funcționării instalațiilor sanitare,
 - întreținerea clădirilor și spațiilor de producție și administrative (spălarea pardoselilor, pereților, etc.),
 - asigurarea funcționării cantinelor, punctelor medicale, spălătoriilor, garajelor,
 - stropitul și spălatul spațiilor de circulație,
 - stropitul spațiilor verzi.

Necesarul si cerinta de apa



- **Apa pentru combaterea incendiilor** este asigurată în general de conductele care transportă apa potabilă.
- Debitele de apă prevăzute pentru combaterea incendiilor se asigură prin două categorii de guri de apă:
 - prin hidranții interiori și gurile automate interioare,
 - prin hidranții exteriori.
- Incendiul = situație accidentală:
 - Apa necesară pt. combaterea tuturor incendiilor teoretice simultane trebuie să se găsească într-un rezervor,
 - Captarea, stația de tratare, stațiile de pompare și aducțiune, trebuie să asigure completarea rezervei de incendiu în 24, 36, 48 sau 72 ore după stingerea incendiului.



Necesarul si cerinta de apa

- **Necesarul de apă cu caracter tehnologic** se stabilește pe baza proceselor tehnologice adoptate, în raport și cu resursele de apă din zonă.
- Necesarul de apă pentru producerea aburului și/sau apei calde, sau necesarul de apă de răcire poate fi determinat cu suficientă acuratețe,
- Apa necesară în procesul tehnologic propriu-zis este destul de dificil de estimat.

**Tabelul 4. Consumul de apă de răcire
în diferite ramuri industriale**



Produsul	Apă de răcire [m ³ · t ⁻¹ produs]	Produsul	Apă de răcire [m ³ · t ⁻¹ produs]
Amoniac	250 - 350	Fontă	20 - 30
Uree	65 - 100	Oțel de convertizor	2 - 10
Azotat de amoniu	80 - 100	Oțel turnat	10 - 25
Metanol	100 - 250	Oțel laminat	30 - 50
Cocs metalurgic	30 - 40	Oțel trefilat	5 - 10

**Tabelul 5. Consumuri de apă tehnologică
în industria alimentară**



Produsul	U M	Consum specific [m ³ · UM ⁻¹]	Produsul	U M	Consum specific [m ³ · UM ⁻¹]
Amidon din cartofi	t	20	Bere	hL	4,5 - 6
Amidon din porumb	t	10	Băuturi carbonatate	hL	3
Amidon din grâu	t	11,5	Alcool	t	3 - 3,6*
Zahăr din sfeclă	t	8 - 30	Drojdie de panificație	t	30**
Ulei vegetal	t	6 - 10	Lapte	m ³	4 - 9
Pâine	t	0,85 - 0,9	Abatoare de vite	t	10,5 - 12,7
Compoturi	t	20 - 40	Abatoare de porci	t	14,8 - 17,5
Gem, dulceată	t	12,5 - 25,7	Preparate din carne	t	6,5
Legume conservate	t	8 - 80	Conserve de pește	t	1,2
Sucuri de fructe	t	2,5 - 2,8	Făină de pește	t	15 - 20

* - la tona de cereale sau melasă;

** - la tona de melasă

Tabelul 7. Consumuri specifice de apă
în alte industrii prelucrătoare



Produsul	UM	Apă [m ³ · UM ⁻¹]	Produsul	UM	Apă [m ³ · UM ⁻¹]
Acid sulfuric 100%	t	40	Cărbune	t	6,3 - 15
Acid acetic 100%	t	417 - 1000	Energie electrică	kWh	0,3 - 0,64
Alcool etilic	m ³	50 - 150	Explozivi	t	835
Alumină (Bayer)	t	30	Fier și oțel	t	16,7 - 334
Alumină (Pechiney)	t	6,5	Lână	t	20 - 200
Aluminiu	t	1340	Oxigen	m ³	0,24
Benzină de aviație	m ³	25	PFL	t	3 - 38
Bumbac	t	33,4 - 66,8	NaOH, sol. 11%	t	75 - 87
Ciment	t	3,1	Tăbăcire piei	t	12 - 100

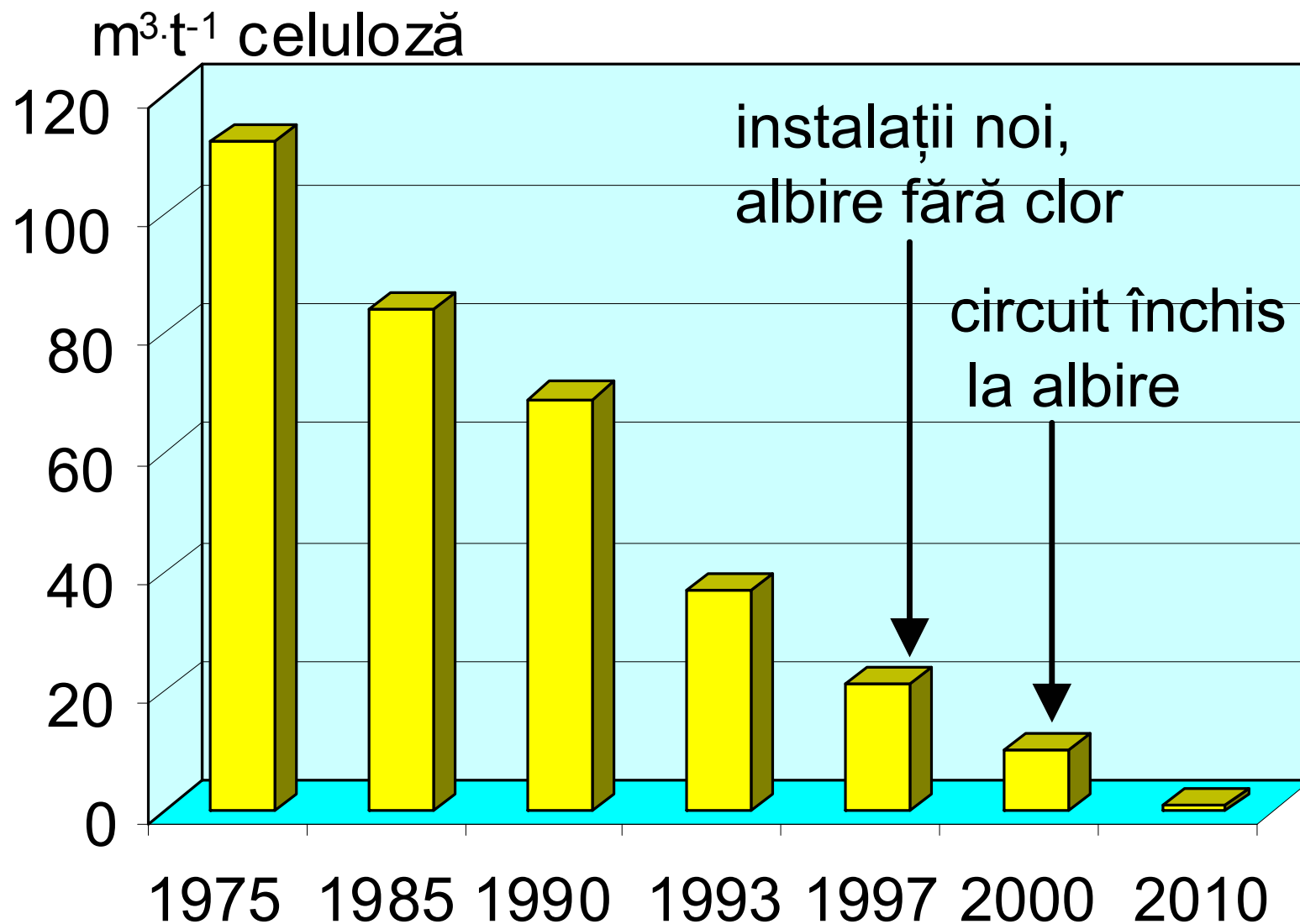


Necesarul si cerinta de apa

- Consumul de apă pentru necesitățile tehnologice variază mult de la o ramură la alta și de la un produs la altul.
- Tendința este de a reduce continuu necesarul de apă, în vederea unei mai bune gospodăririi a resurselor de apă.
- Unul din criteriile perfecționării proceselor tehnologice de bază poate fi și criteriul necesarului de apă.



Volumul efluenților evacuați din fabricile de celuloză sulfat albită





Necesarul si cerinta de apa

- **Cerința de apă** pentru unitățile industriale se stabilește pe baza necesarului de apă, la care se adaugă:
 - apa tehnologică, proprie sistemului de alimentare cu apă și de canalizare (preparare soluții de reactivi, spălări ale stației de tratare și canalizărilor, funcționarea stațiilor de epurare, etc.),
 - apa pentru acoperirea pierderilor admisibile în incinte (max. 5%),
 - apa necesară pentru refacerea rezervei de incendiu.

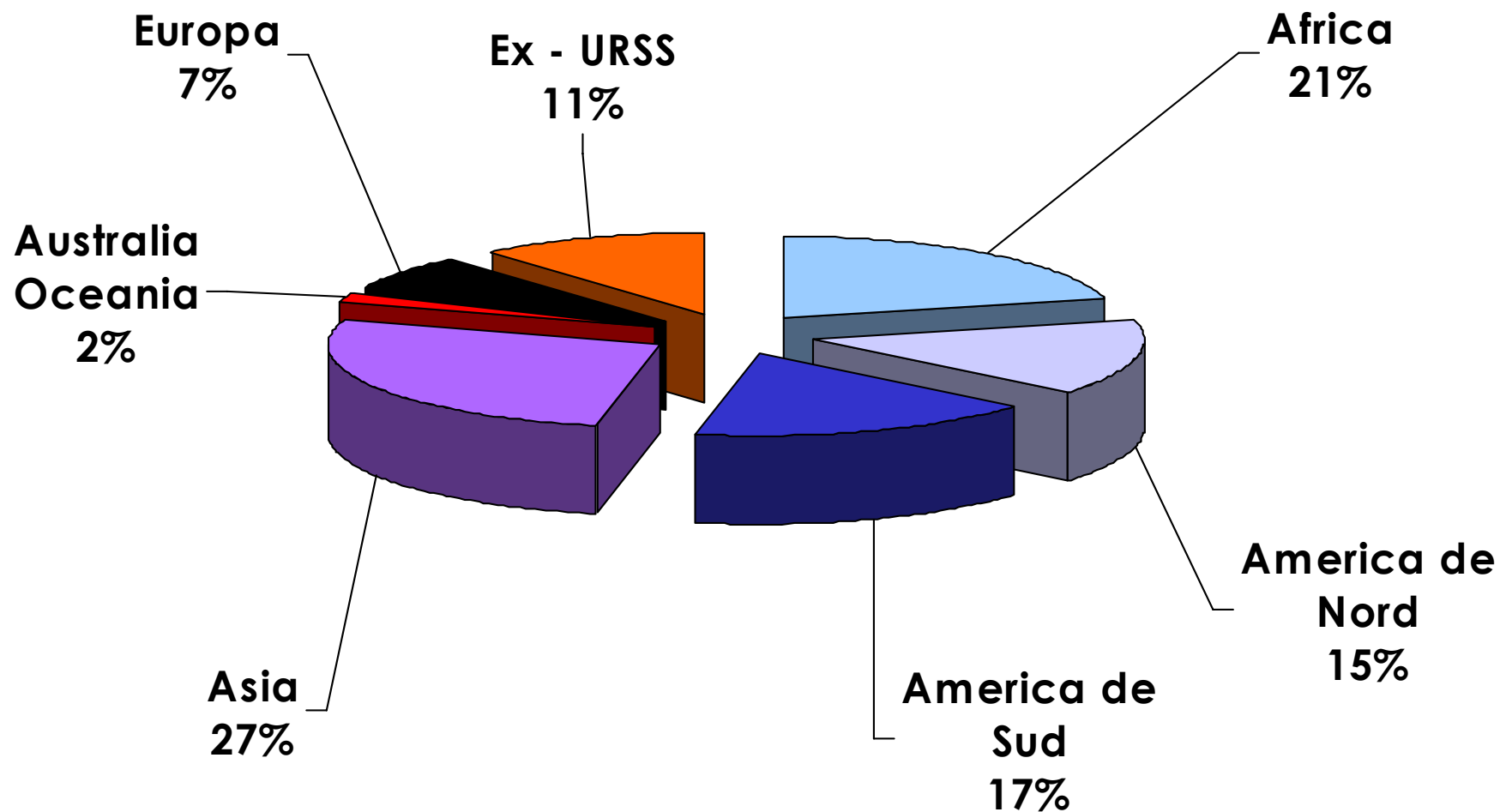
Necesarul și cerința de apă pentru unități energetice

- **Centralele hidroelectrice** (CHE) folosesc energia potențială a apei existente din lacurile de acumulare pe care o transformă în energie cinetică și apoi în energie electrică.
- Înălțimea de cădere a apei:
 - 10 - 30 m - centralele cu cădere mică: Porțile de Fier,
 - 30 - 300 m - centralele cu cădere medie: Bicaz, Vidraru
 - peste 1000 m - centrale cu cădere mare: Grande Dixence, Elveția (1084 m), Reisk, Austria (1750 m)

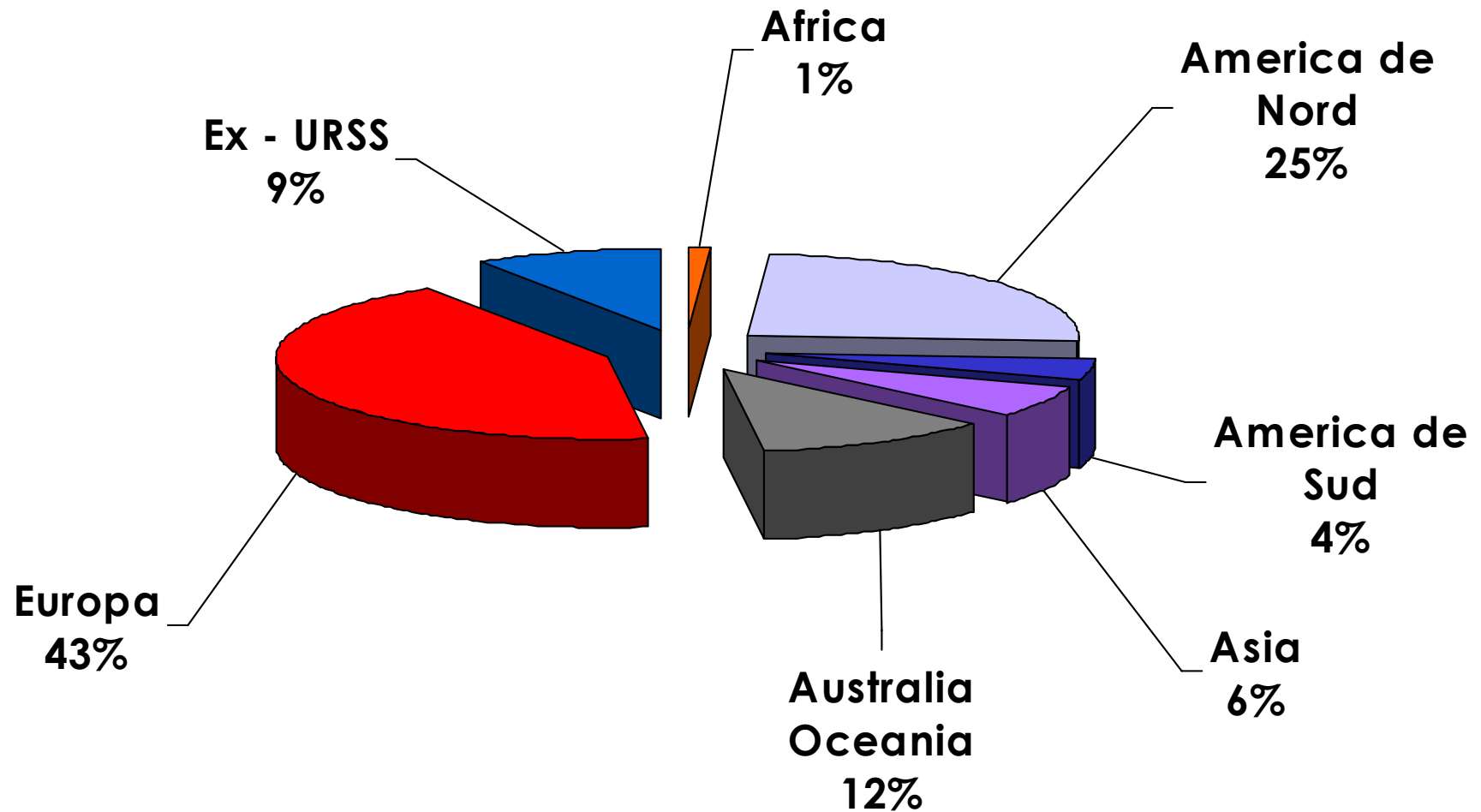
Necesarul și cerința de apă pentru unități energetice

- Potențialul hidroenergetic global = **2261 GW** (9800 TWh/an), din care se utilizează doar aproximativ **330 GW** (adică mai puțin de 20%)
- Potențialul hidroenergetic al României (inclusiv partea românească a Dunării) = cca. **14900 MW**, din care **5300 MW** (36%) = puterea instalată în CHE până în 1989

Potențial hidroenergetic [% din total mondial]



Potențial exploatat [% din total zonă]



Necesarul și cerința de apă pentru unități energetice

- **Centralele termoelectrice clasice (CTE)**
folosesc energia cinetică a aburului pentru producerea de energie electrică în generatoare antrenate de turbine.
- Aburul este produs din apă a cărei vaporizare se realizează prin arderea în focarul generatorului de abur a unui combustibil solid (cărbune), lichid (hidrocarburi lichide) sau gazos (metan).
- Aburul evacuat din turbină este răcit într-un condensator de suprafață după care este reintrodus în circuitul cazanului.

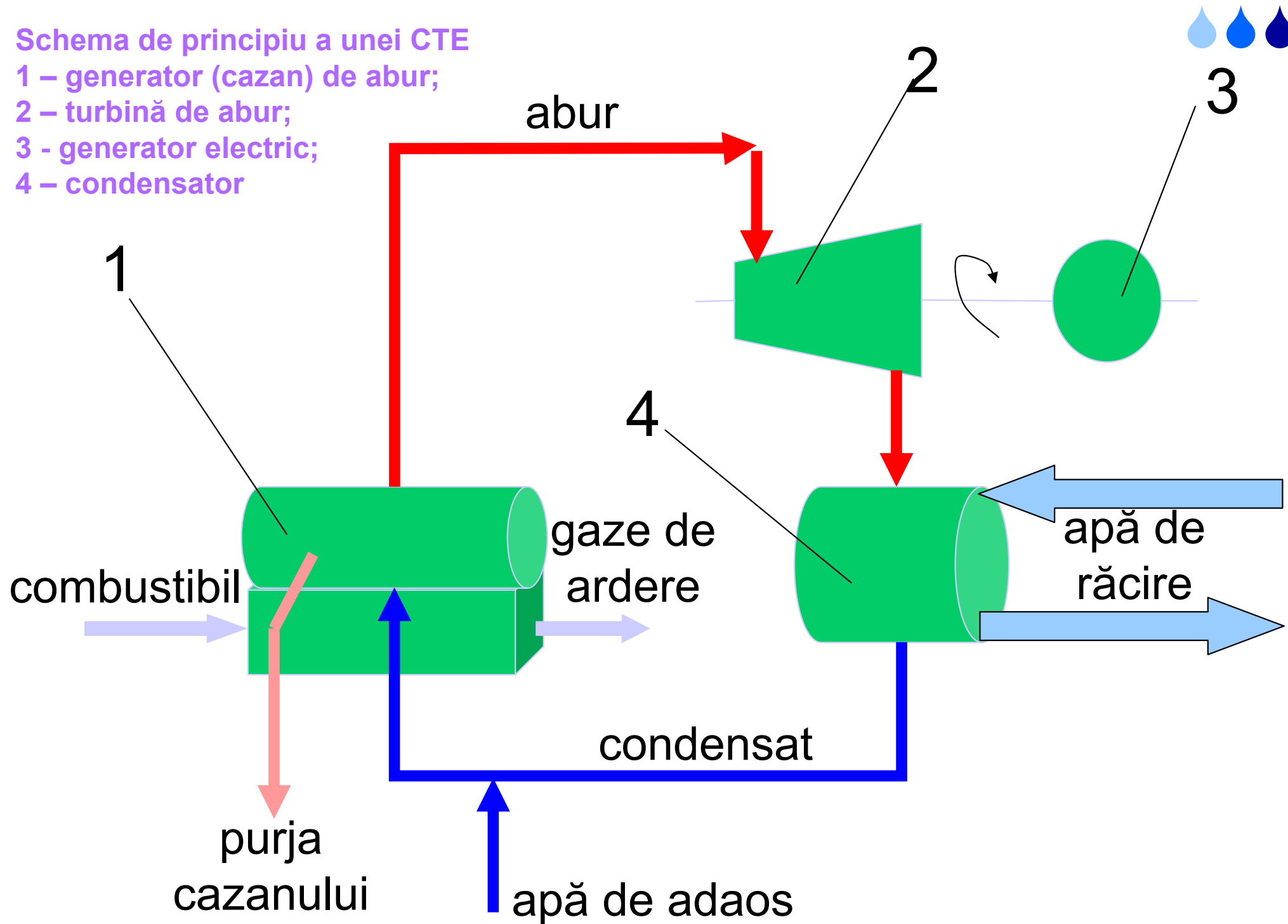
Schema de principiu a unei CTE

1 – generator (cazan) de abur;

2 – turbină de abur;

3 - generator electric;

4 – condensator



Necesarul și cerința de apă pentru unități energetice

- În CTE se utilizează apă pentru:
 - producerea aburului,
 - în circuitele de răcire,
 - pentru evacuarea hidraulică a zgurii și a cenușii - în cazul centralelor pe combustibil solid

Necesarul și cerința de apă pentru unități energetice

- Debitul de purjă admis depinde de tipul centralei:
 - 7% din aburul debitat pentru centralele termice (CT),
 - 5% în centralele electrice de termoficare (CET)
 - 1% în cazul centralelor termoelectrice (CTE)
- Pentru producerea unei tone de abur se consumă circa 1,1 - 1,2 m³ de apă.

Necesarul și cerința de apă pentru unități energetice

- Consumurile de apă de răcire sunt funcție de puterea grupului, debitele de abur extrase la prize și existența sau lipsa supraîncălzirii intermediare

Valori orientative pentru consumul specific de apă de răcire

Centrale termoelectrice		Centrale nuclearelectrice
Fără supraîncălzire intermediară	Cu supraîncălzire intermediară	
160 - 190 $\text{m}^3 \cdot \text{MWh}^{-1}$	130 - 140 $\text{m}^3 \cdot \text{MWh}^{-1}$	200 - 500 $\text{m}^3 \cdot \text{MWh}^{-1}$



Consumatorul de apă	Debit relativ [%]
Condensatoare	100
Răcire generatoarelor și a uleiului:	
- grupuri mari	3 - 7
- grupuri mici	6 - 15
Răcirea lagărelor instalațiilor	1 - 2
Răcirea compresoarelor și echipamentelor auxiliare	0,6 - 1
Evacuarea hidraulică a zgurii și a cenușii	4 - 8

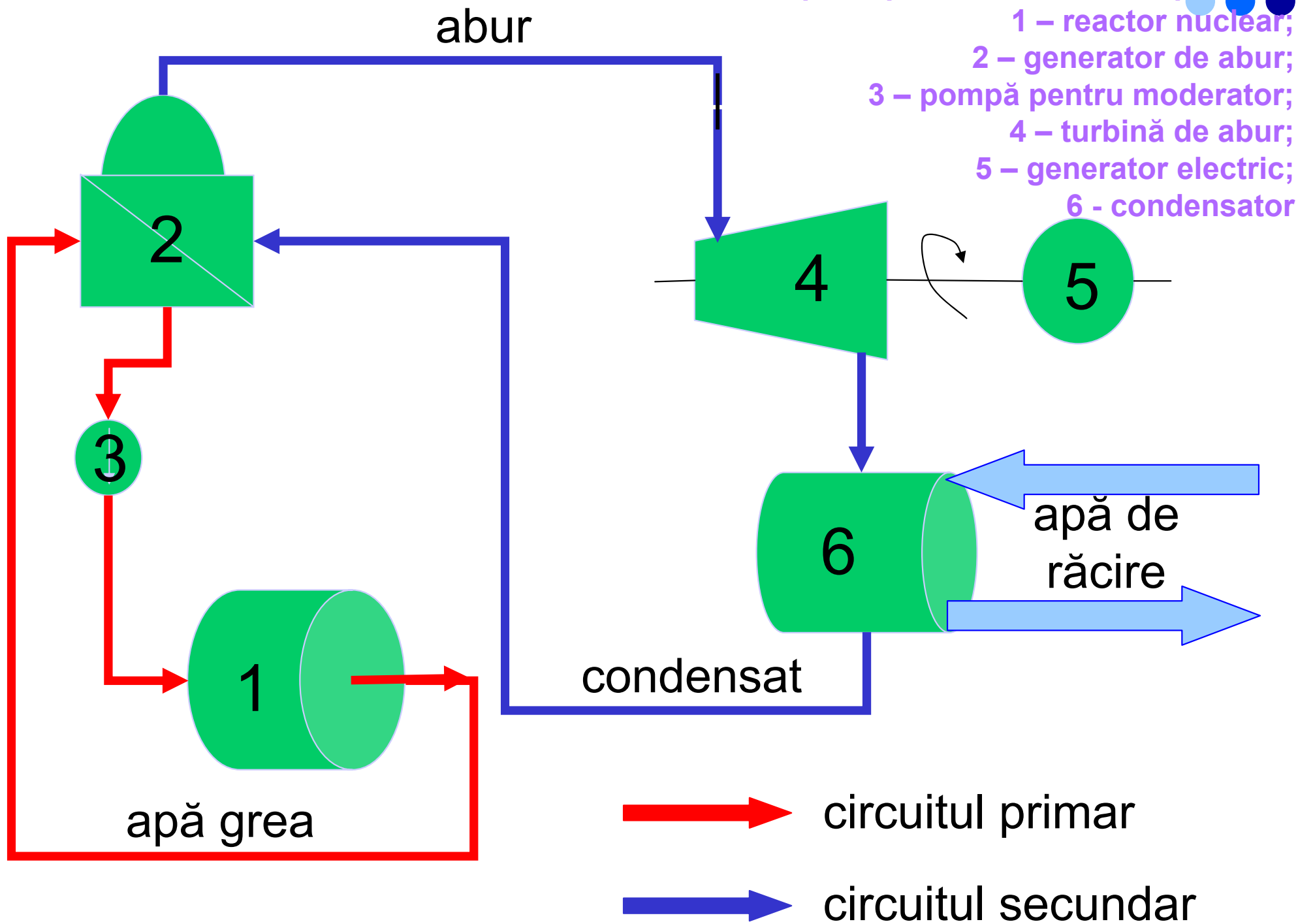
Necesarul și cerința de apă pentru unități energetice

- Debitele mari de apă de răcire: creșterea valorii investițiilor pentru circuitul de răcire.
- Reducerea necesarului de apă de răcire: trecerea de la răcirea în circuit deschis la:
 - răcirea în circuit deschis cu recirculare
 - răcirea în circuit închis
- O altă soluție reprezintă utilizarea aerului drept agent de răcire.

Necesarul și cerința de apă pentru unități energetice

- **Centralele nucleare electrice (CNE)** utilizează pentru producerea aburului, în locul energiei rezultate la arderea unui combustibil clasic (ca în cazul CTE), energia degajată la fisiunea controlată a unui combustibil nuclear (uraniu, uraniu îmbogățit, plutoniu).

Schema de principiu a unei CNE de tip PHWR



Necesarul și cerința de apă pentru unități energetice

- În circuitul primar, căldura generată de fisiunea nucleară este preluată de apa grea sub presiune (11,5 - 13 MPa), care se încălzește până la 583 K, menținându-se în stare lichidă. Apa grea este trecută în generatoarele de abur, unde se răcește la 540 K, cedând căldura apei demineralizate din circuitul secundar aflate la 460 K. Apa din circuitul secundar se evaporă producându-se abur saturat la 531 K și 4,55 MPa. Aburul este trecut într-o turbină de destindere cu 4 corpuri care lucrează la 1500 rot/min. Din turbină, aburul destins până la 0,004 MPa trece în condensator, este condensat, iar apoi se preîncălzește la 460 K și este retrimis în generatorul de abur. Generatorul electric pus în funcțiune de turbină produce 706,5 MW la 24 kV, cu un factor de sarcină de 0,85 la o frecvență de 50 Hz

Necesarul și cerința de apă pentru unități energetice

- Principalii consumatori de apă de răcire din CNE:
 - condensatoarele turbinelor și cele ale turbopompelor,
 - răcitoarele de ulei ale turboagregatelor,
 - răcitoarele generatoarelor electrice,
 - circuitele de răciri tehnologice,
 - instalațiile de răcire și condiționare a aerului din sistemul de ventilație al încăperilor CNE,
 - răcitoarele sistemului de control și de comandă (barele de control),
 - răcitoarele bazinelor de comandă și transfer ale combustibilului nuclear uzat,
 - răcitoarele mașinilor de încărcare - descărcare a combustibilului,

Necesarul și cerința de apă pentru unități energetice

- Principalii consumatori de apă de răcire din CNE:
 - răcirea protecției termice a reactorului,
 - răcirea vasului de presiune și a anvelopei,
 - răcirea apei de purjare a reactorului și a generatoarelor de abur,
 - răcirea moderatorului,
 - răcitoarele sistemului de răcire la oprirea reactorului,
 - răcitoarele rezervoarelor pentru condensarea aburului eșapat din compensatoarele de volum,
 - răcitoarele instalațiilor pentru tratarea deșeurilor radioactive.

Necesarul și cerința de apă pentru unități energetice

- În plus, mai sunt necesare cantități de apă pentru:
 - adaos în circuitele centralei,
 - diluarea deșeurilor radioactive lichide,
 - transportul hidraulic al deșeurilor radioactive solide,
 - spălarea echipamentelor și a încăperilor în scopul dezactivării lor,
 - sistemul de apă pentru incendii, etc.

Investiția specifică a circuitelor de răcire pentru CTE și CNE



Tipul de sistem de răcire	CTE	CNE
Sistem deschis, cu apă de râu	1,0	1,5 - 2,5
Sistem deschis, cu iaz	2,0 - 3,0	3,0 - 4,5
Sistem deschis cu recirculare, turnuri cu tiraj forțat	2,5 - 4,0	4,0 - 5,5
Sistem deschis cu recirculare, turnuri cu tiraj natural	3,0 - 4,5	4,5 - 6,5
Răcire indirectă cu aer, turnuri uscate cu tiraj natural	8 - 10	12 - 16

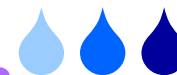
Necesarul și cerința de apă pentru unități agrozootehnice

- Agricultura - mare consumator de apă:
 - activitatea agrozootehnică,
 - irigații

Necesarul și cerința de apă pentru unități agrozootehnice

- Pentru **unitățile agrozootehnice** necesarul de apă include apa necesară pentru:
 - creșterea și îngrășarea animalelor (tab. 13);
 - udatul și stropitul în sere, solarii, grădini, livezi, vii (tab. 14);
 - nevoile de întreținere a mașinilor agricole (tab. 15);
 - nevoile igienico-sanitare ale personalului la locul de muncă;
 - nevoile igienico-sanitare ale personalului în locuințe;
 - funcționarea cantinelor și a punctelor medicale;
 - stropitul și spălatul spațiilor verzi și de circulație;
 - dezinfecție;
 - combaterea incendiilor;
 - alte nevoi.

**Tabelul 13. Necesarul specific de apă pentru creșterea
și îngrășarea animalelor**



Categorii de animale	Necesar specific de apă [L · (animal · zi) ⁻¹]	
	Evacuare hidraulică a dejecțiilor	Evacuare mecanică a dejecțiilor
Porcine	32 - 125	20 - 100
Taurine	70 - 130	50 - 100
Ovine	-	5 - 10
Păsări	0,4 - 0,8	0,25 - 1,5



**Tabelul 14. Necesarul specific de apă pentru udare și stropire
în sere, solarii, grădini și livezi**

Folosința apei	Necesar specific de apă	
	UM	valoare
Udarea și stropitul în sere și solarii	$L \cdot (m^2 \cdot udare)^{-1}$	1,0 - 2,0
Udarea și stropitul grădinilor	$L \cdot (m^2 \cdot udare)^{-1}$	0,5 - 1,0
Stropitul viilor și livezilor	$m^3 \cdot (ha \cdot udare)^{-1}$	1,5
Stropitul viilor și livezilor în plantații intensive	$m^3 \cdot (ha \cdot udare)^{-1}$	2,0

**Tabelul 15. Necesarul specific de apă pentru spălarea
mașinilor și pentru ateliere**



Folosința apei	Necesar specific de apă	
	UM	valoare
Spălarea unui tractor	$m^3 \cdot h^{-1}$	0,12 - 0,15
Spălarea unui autocamion	$m^3 \cdot h^{-1}$	0,14 - 0,20
Spălarea unui autoturism	$m^3 \cdot h^{-1}$	0,10
Necesarul pentru un atelier mecanic cu un strung	$m^3 \cdot zi^{-1}$	0,035
Necesarul pentru un atelier de fierărie cu o forjă	$m^3 \cdot zi^{-1}$	0,010
Necesarul pentru un atelier de sudură	$m^3 \cdot zi^{-1}$	0,050

Necesarul și cerința de apă pentru unități agrozootehnice

- **Necesarul de apă** se calculează ținând cont de coeficienții de neuniformitate, coeficienții de simultaneitate, precum și de numărul animalelor și/sau suprafața spațiilor de udat sau stropit.
- **Cerința de apă** se determină ținând cont de necesarul stabilit anterior, la care se adaugă apa tehnologică proprie sistemului de alimentare cu apă și apa pentru acoperirea pierderilor admisibile (max. 5%).

Necesarul și cerința de apă pentru unități agrozootehnice

- **Necesarul de apă pentru irigații** se stabilește ținând cont de balanța apei din sol, putându-se calcula cu relația:

$$D = E_p - 10P - F - R_i + R_f \quad (7)$$

$[m^3 / (\text{luna} \times \text{hectar})]$

Necesarul și cerința de apă pentru unități agrozootehnice

- D = necesarul de apă specific sau deficitul de apă din sol [$m^3 \cdot (lună \cdot ha)^{-1}$];
- E_p = evapotranspirația potențială [$m^3 \cdot (lună \cdot ha)^{-1}$];
- P = precipitațiile utile (care pot fi reținute în sol) [$mm \cdot lună^{-1}$];
- F = aportul din pânza freatică [$m^3 \cdot (lună \cdot ha)^{-1}$];
- R_i = rezerva de apă din sol, la începutul lunii [$m \cdot ha^{-1}$];
- R_f = rezerva de apă din sol, la sfârșitul lunii [$m \cdot ha^{-1}$].