

# DURABILITATEA CONSTRUCȚIILOR

## *Note de curs*

2017

**Dr.ing. NAGY-GYÖRGY Tamás**

*profesor*

**E-mail:**

[tamas.nagy-gyorgy@upt.ro](mailto:tamas.nagy-gyorgy@upt.ro)

**Tel:**

+40 256 403 935

**Web:**

<http://www.ct.upt.ro/users/TamasNagyGyorgy/index.htm>

**Birou:**

A219

# SCHIMBAREA MEDIULUI



Panama

# Schimbarea mediului



# Tot ceea ce este construit trebuie întreținut

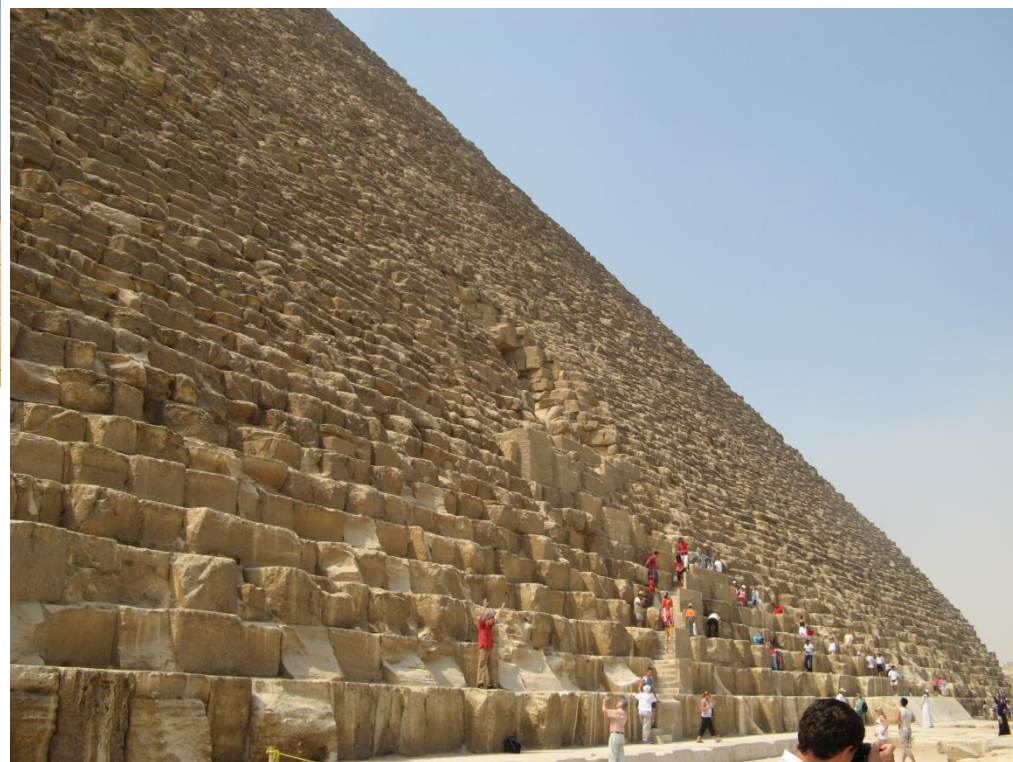


Mai mult sau mai puțin tot ce este în jurul nostru...

*(Prof. Björn Täljsten)*

~3000 B.C.

Egiptenii au utilizat mortar din amestec de var, gips și nisip la construcția piramidelor



Rezistența cărămizii uscate la soare din  
nămolul obținut din Nil  $\approx 2...3 \text{ N/mm}^2$

Rezistența cărămizii uscate la soare din  
nămolul amestecată cu paie  $\approx 7...9 \text{ N/mm}^2$

## Construcții durabile

~800 B.C.

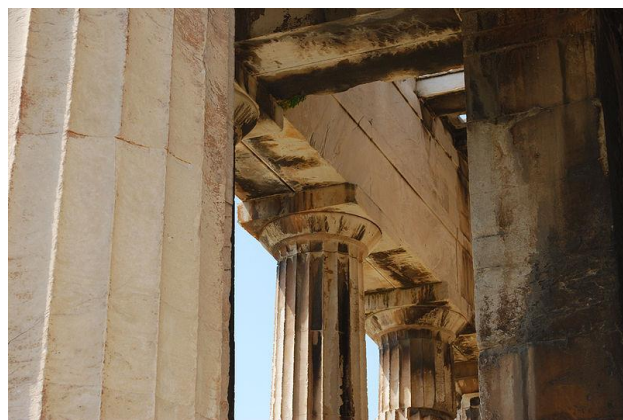
**Grecii** utilizau mortare de var, mai bune decât mortarele Romane de mai târziu



Parthenon, Atena (447 BC)



Templul Atenei, Paestum  
(500 BC)



Templul lui Hephaestus/Theseion  
Atena (500 BC)



Erechtheion, Atena  
(421 BC)

Construcții durabile

Romanii → **Via Appia**: una dintre cele mai vechi, strategic cele mai importante drumuri romane → **300 BC**



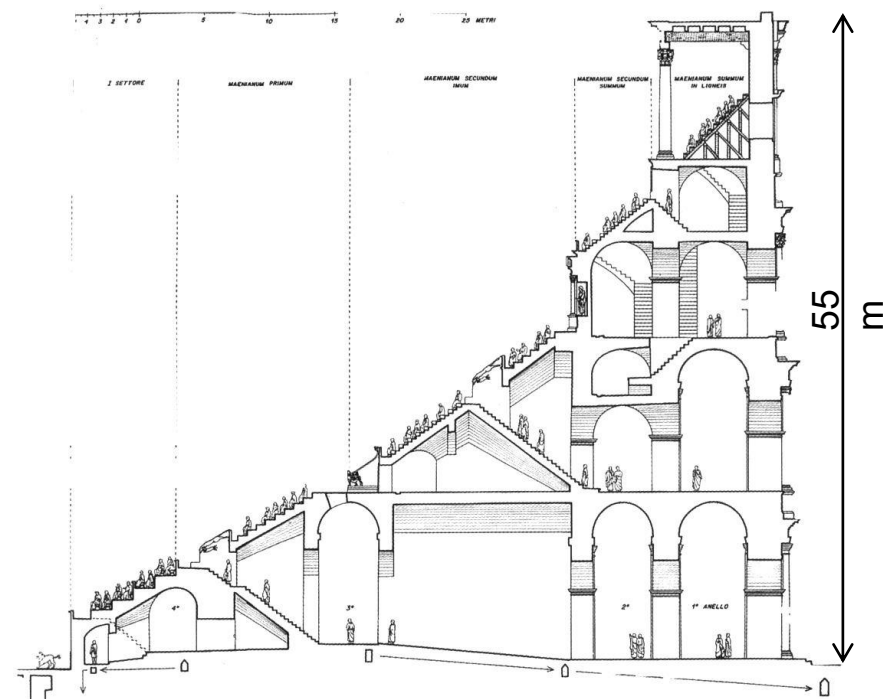
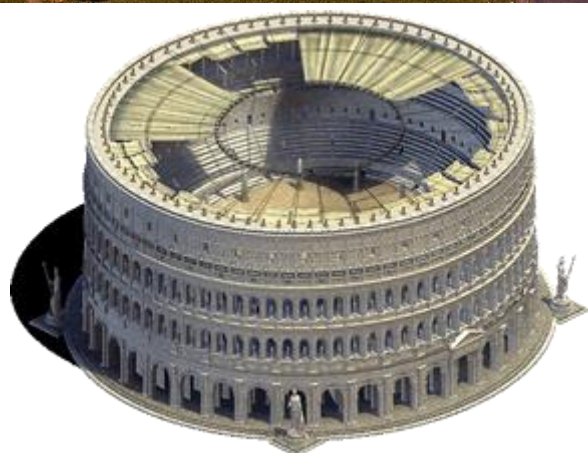
Minturno



Roma



Romani → Colosseum → 70-80 AD



Urișul amfiteatru a fost construit de Vespasianus în centrul Romei. În formă de elipsă, cu **axa mare de 186 m**, **axa mică de 150 m**, avea un **perimetru de 520 m** și o **înălțime de 55 m**, oferind locuri pentru aproximativ **50 - 80 mii de spectatori**. **Fundația** pe care a fost construit avea **12 metri grosime**.



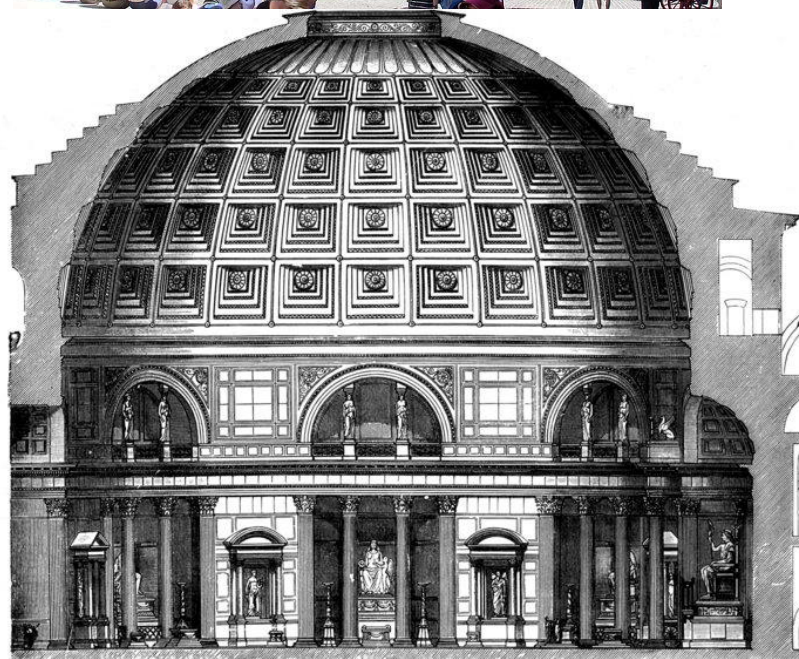
## Construcții durabile

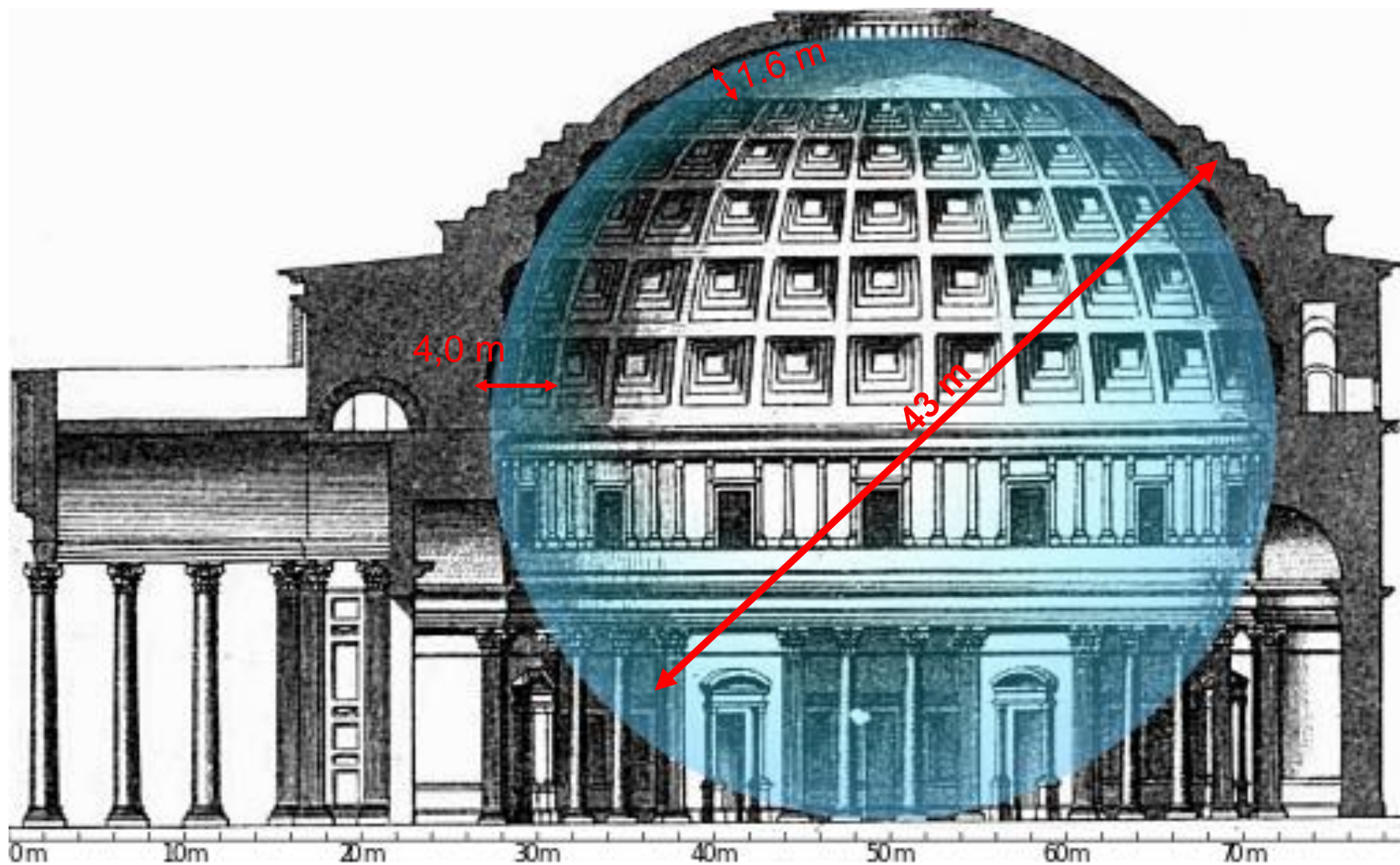
Romani → Apeductul Pont du Gard (sudul Franței) → 40-60 AD



## Construcții durabile

### Roman Pantheon, 126 AD





## Încălzirea globală



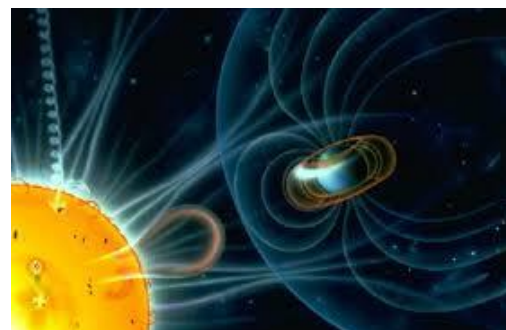
## Creșterea temperaturii



## Fenomene meteorologice extreme



## cauze?



supraaglomerare



Cereri de locuințe



Dezvoltare industrială



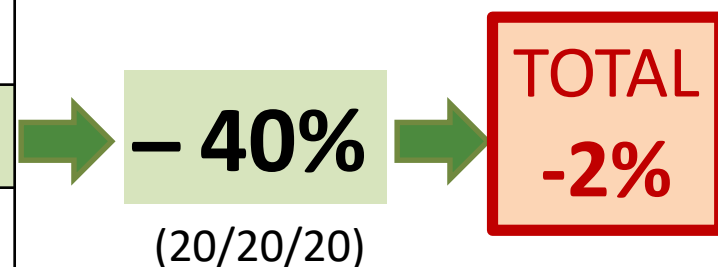
Nivel alarmant de consumul de energie și poluare



## SCHIMBAREA CLIMEI

	Populația	Emisii globale de CO2
China	18,9%	29%
USA	4,4%	15%
<b>EU</b>	<b>7,0%</b>	<b>10%</b>
India	17,6%	7%
Rusia	2,2%	5,3%
Japonia	1,7%	3,7%

**TOTAL: ≈ 70%**



Creșterea consumului de energie între 2011÷2035

**EU 0%**

US 1%

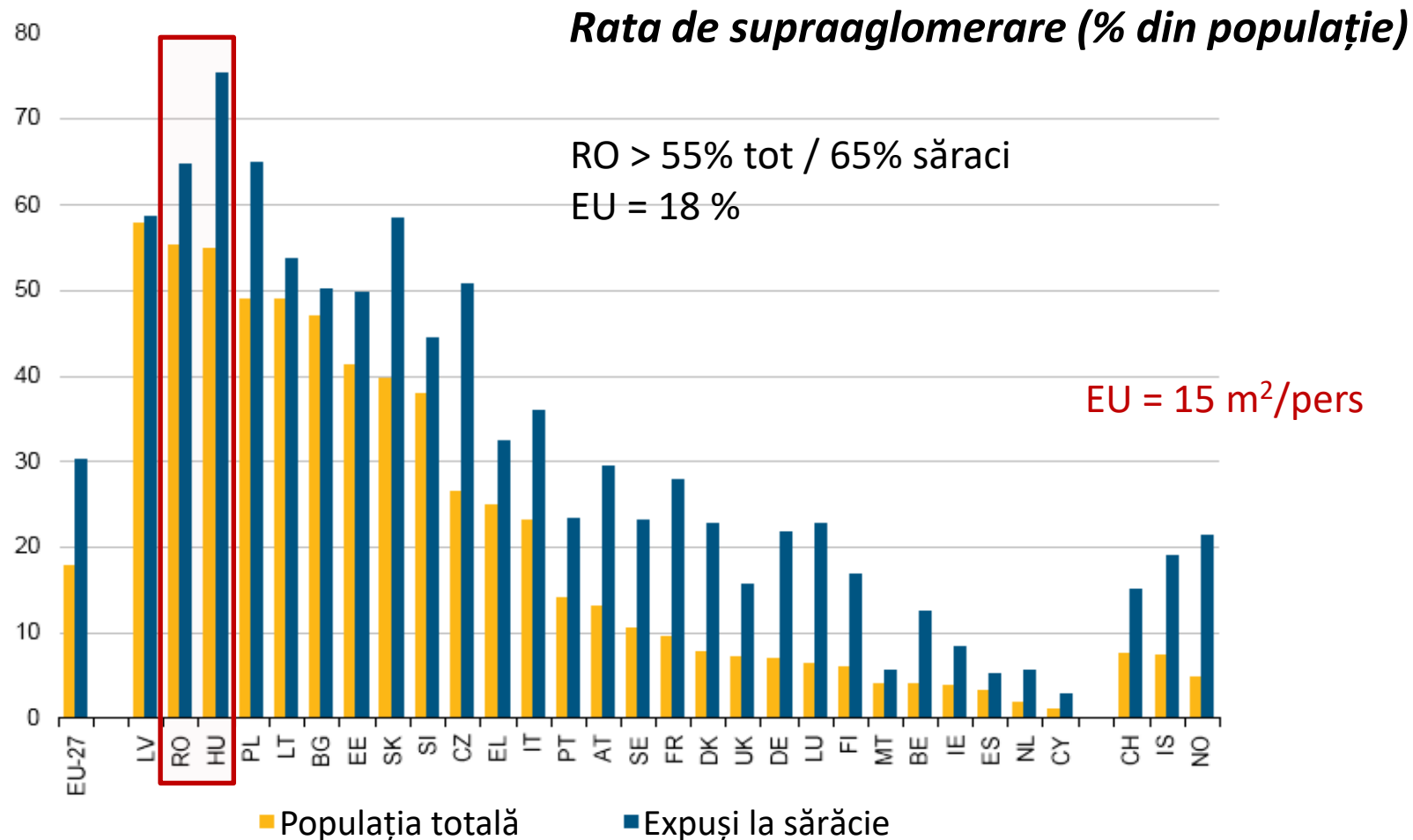
Orientul Mijlociu 10%

Sud-Estul Asiei 11%

India 18%

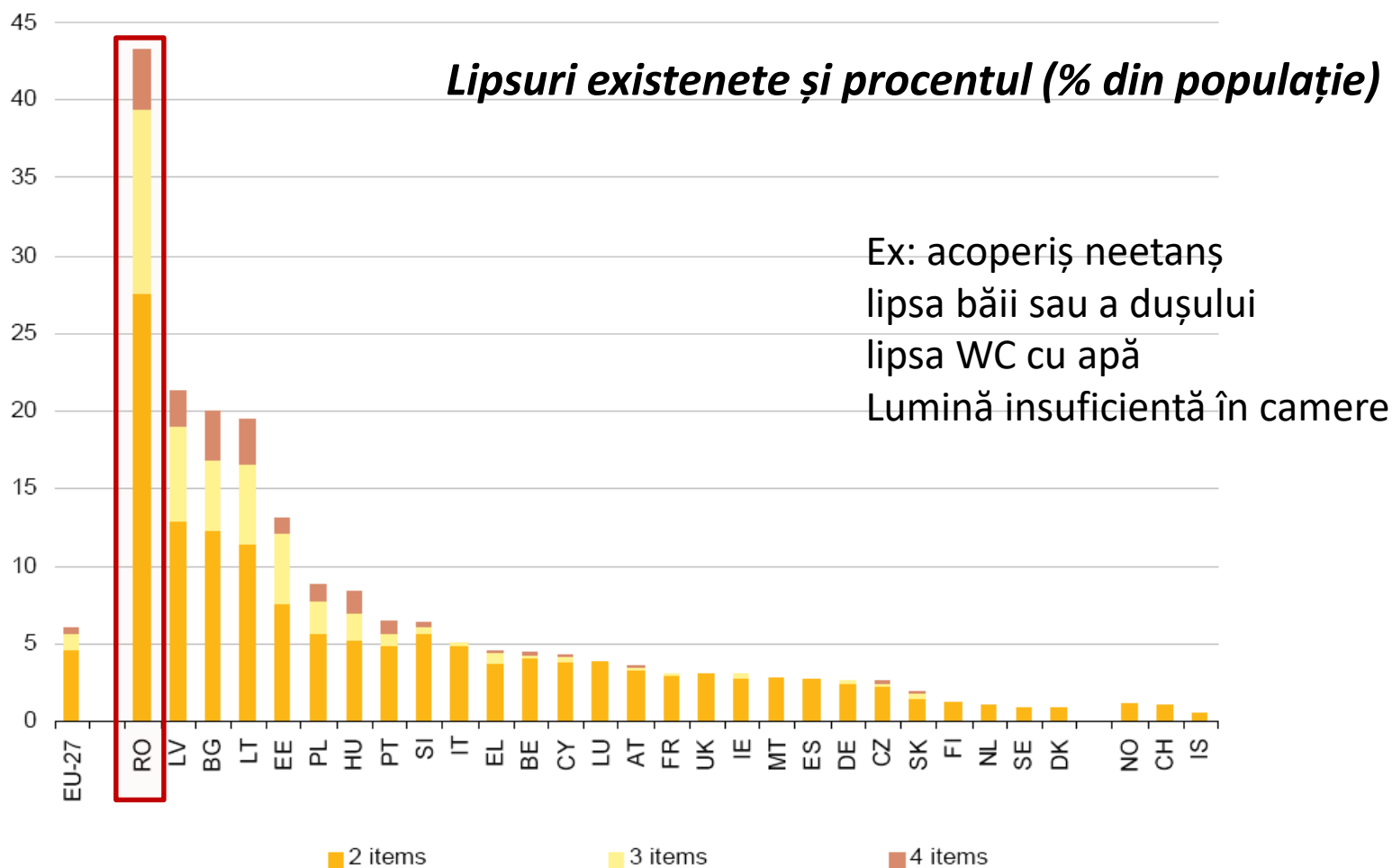
**China 31%**

## Supraaglomerare



(Rybkowska &amp; Schneider, Eurostat 4/2011)

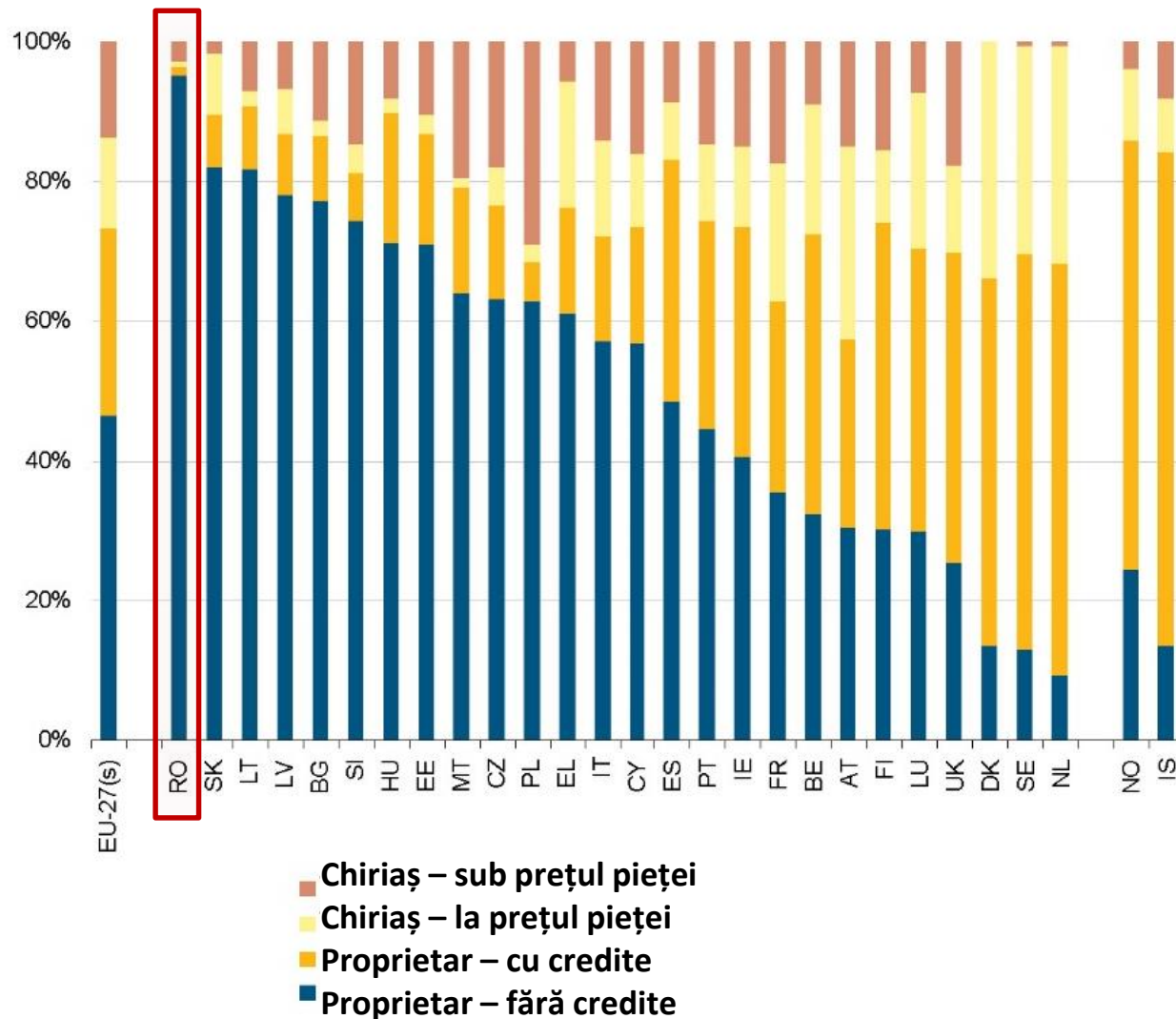
## Condiții de trai



(Rybkowska &amp; Schneider, Eurostat 4/2011)



## Proprietatea

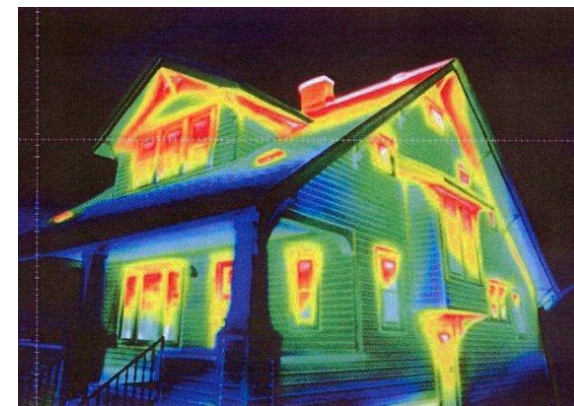


(Rybkowska &amp; Schneider, Eurostat 4/2011)

**Dezvoltare industrială**   **Producția materialelor  
de construcții**



**Întreținerea  
clădirilor**



**Industria construcțiilor → utilizarea energiei → 40% din emisii de gaze  
care produc efectul de seră**

# CREȘTEREA NEVOILOR PENTRU CONSOLIDARE

- 20 – 40 % investiții noi
  - 60 – 80 % **Reparații/Îmbunătățiri**
- Structuri istorice
  - Infrastructuri
  - Reconstrucții



## IMPORTANȚA INFRASTRUCTURILOR

- Drumuri
- Poduri
- Căi ferate
- Baraje
- Tuneluri
- Clădiri industriale
- Aeroporturi
- Porturi
- Centrale energetice
- Linii de distribuție
- Stații de epurare

Majoritatea infrastructurilor sunt din **beton armat**  
→ cel mai important material al nostru

# INDUSTRIA CONSTRUCȚIILOR

## 2005 Report Card for America's Infrastructure

Aviation	D+
Bridges	C
Dams	D
Drinking Water	D-
Energy	D
Hazardous Waste	D
Navigable Waterways	D-
Public Parks & Recreation	C-
Rail	C-
Roads	D
Schools	D
Security	I
Solid Waste	C+
Transit	D+
Wastewater	D-

America's Infrastructure G.P.A. = **D**

Total Investment Needs = **\$1.6 Trillion**  
(estimated 5 year need)

[Click here for Grade Definitions](#)

TABLE A ★ 2009 Report Card for America's Infrastructure

Aviation	<b>D</b>
Bridges	<b>C</b>
Dams	<b>D</b>
Drinking Water	<b>D-</b>
Energy	<b>D+</b>
Hazardous Waste	<b>D</b>
Inland Waterways	<b>D-</b>
Levees	<b>D-</b>
Public Parks and Recreation	<b>C-</b>
Rail	<b>C-</b>
Roads	<b>D-</b>
Schools	<b>D</b>
Solid Waste	<b>C+</b>
Transit	<b>D</b>
Wastewater	<b>D-</b>

AMERICA'S INFRASTRUCTURE G.P.A.

**D**

ESTIMATED 5 YEAR INVESTMENT NEED

**\$2.2 TRILLION**

## Exemplu din SUA

AMERICA'S INFRASTRUCTURE G.P.A. **D+**

Each category was evaluated on the basis of capacity, condition, funding, future need, operation and maintenance, public safety and resilience. METHODOLOGY >

AVIATION	D	PORTS	C
BRIDGES	C+	PUBLIC PARKS AND RECREATION	C
DAMS	D	RAIL	C+
DRINKING WATER	D	ROADS	D
ENERGY	D+	SCHOOLS	D
HAZARDOUS WASTE	D	SOLID WASTE	B+
INLAND WATERWAYS	D-	TRANSIT	D
LEVEES	D-	WASTEWATER	D

ESTIMATED INVESTMENT NEEDED BY 2020: **\$3.6 TRILLION**

Legend: A = Exceptional, B = Good, C = Mediocre, D = Poor, F = Failing

3.600.000 million USD  
3.600.000.000.000 USD

(<http://www.infrastructurereportcard.org>)

## Exemplu din SUA

## Grade Definitions

- A – Exceptional
- B = Good
- C = Mediocre
- D – Poor
- F – Failing
- I = Incomplete

**Grading Criteria**

The *2009 Report Card for America's Infrastructure* followed a traditional letter grade scale.

A = 90-100%

B = 80-89%

C = 70-79%

D = 51-69%

F = 50% or lower

(<http://www.infrastructurereportcard.org>)

## DEFINIȚII

ÎNTREȚINERE: Menținerea **performanțelor** structurale la nivelul original  
(*Maintenance*)

REPARAȚIE: Îmbunătățirea **performanțelor** structurale la nivelul original  
(*Repair*)

ÎMBUNĂTĂȚIRE: Creșterea **performanțelor** structurale  
(*Upgrading*)

Performanță:

- Durabilitate
- Capacitate portantă
- Estetică
- Funcționalitate



## Durabilitate

Coroziune

Îngheț/dezgeț

Reacții alcalii-silicioase (agregate)  
(*Alkali Silica Reaction*)

## Capacitate portantă

Modele de calcul mai exacte

Parametri materiale reale

Coeficienți parțiali

Consolidări

## Estetică

Depinde de cultură

Din ce în ce mai important

## Funcționalitate

Structura se află în condiții bune și are capacități portante suficiente, dar nu se poate utiliza așa cum se vrea



## CE ESTE BETONUL?

**Betonul** este un material mixt, un amestec de:

- **agregate** → naturale → balastieră sau carieră
  - artificiale → zgură/argilă expandată
  - reciclate
- **ciment** → Portland
  - Portland cu adaosuri
  - hidrotehnic
  - rezistent la sulfați
- **apă**
- **aditivi** → reductori de apă
  - antrenori de aer
  - acceleratori de priză
  - întârziatori de priză
  - plastifianți
- **adaosuri** → cenușă volantă uscată (zburătoare)
  - zgura granulată de furnal înalt (măcinată sau nemăcinată)
  - silicea ultrafină (SUF) sau silicea amorfă



**Betonul** este un material mixt, un amestec de:

- agregate →
  - naturale → balastieră sau carieră
  - artificiale → zgură/argilă expandată/
  - reciclate



balastieră



carieră

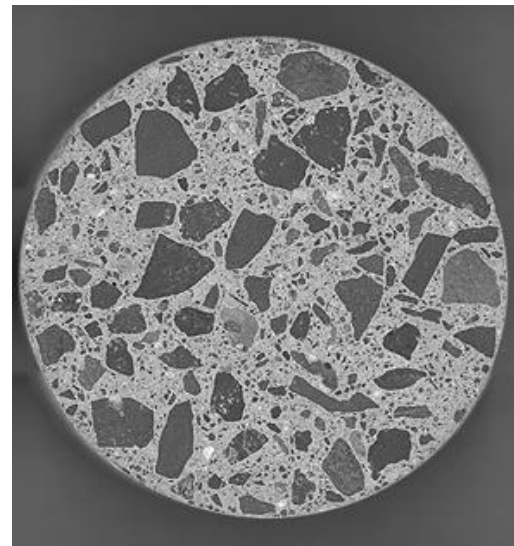
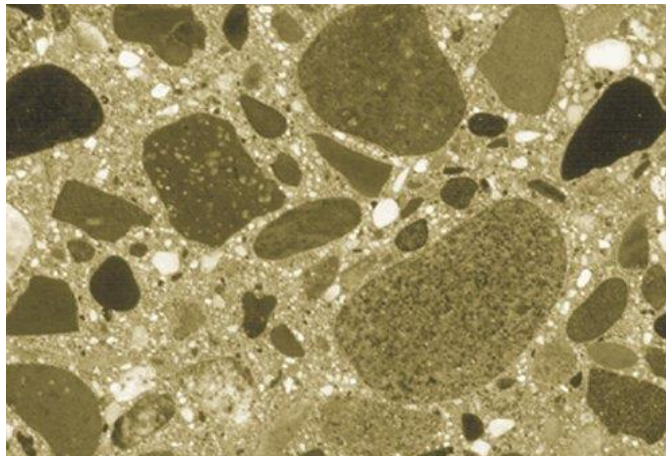
- Obs:*
- Agregatele mari oferă densitate și asigură rezistența
  - Partea fină (nisip) umple golurile dintre agregatele mari și crește rezistența liantului de ciment



Agregat balastieră



Agregat carieră



**Betonul** este un material mixt, un amestec de:

- **agregate**

→ naturale → balastieră sau carieră

→ artificiale → zgură/argilă expandată/...

→ reciclate



zgură/argilă expandată

**Betonul** este un material mixt, un amestec de:

- **agregate**

→ naturale → balastieră sau carieră

→ artificiale → zgură/argilă expandată/

→ reciclate



”In Japan, recycling rate of concrete debris was 96% in 2000...”

*Koji SAKAI, Prof. of Kagawa University, Japan*

**Betonul** este un material mixt, un amestec de:

- **ciment** → CEM I                      ciment portland (obișnuit)
- CEM II                     ciment portland compozit
- CEM III                    ciment de furnal
- CEM IV                    ciment puzzolanic
- CEM V                    ciment compozit
  
- H                         cimenturi hidrotehnice
- SR                        cimenturi rezistente la sulfatați
- II A                        cimenturi albe cu adaosuri
- PR/PG/PV                cimenturi colorate roșu/galben/verde



**Betonul** este un material mixt, un amestec de:

- apă

- **aditivi (chemical admixtures)**

→ reductori de apă (rezistență)

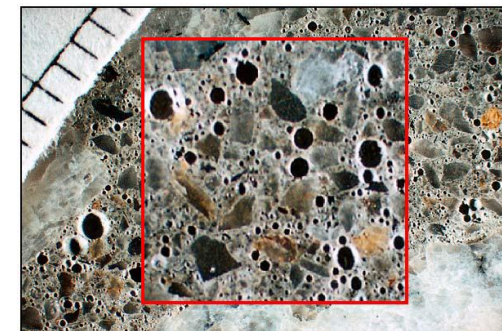
→ antrenori de aer (microporozitate)

→ acceleratori de priză (iarna)

→ întârziatori de priză (vara)

→ plastifianți (lucrabilitate)

→ pentru impermeabilizare (bazine)



porozitatea ↗ ascensiunea capilară ↘



**Betonul** este un material mixt, un amestec de:

- **adaosuri (mineral admixtures)**

- zgura granulată de furnal înalt (măcinată sau nemăcinată)
- puzzolana naturală
- puzzolana naturală calcinată
- cenușa zburătoare silicioasă
- cenușa zburătoare calcică
- șist calcinat
- calcar
- silice ultrafină (SUF)

S

P

Q

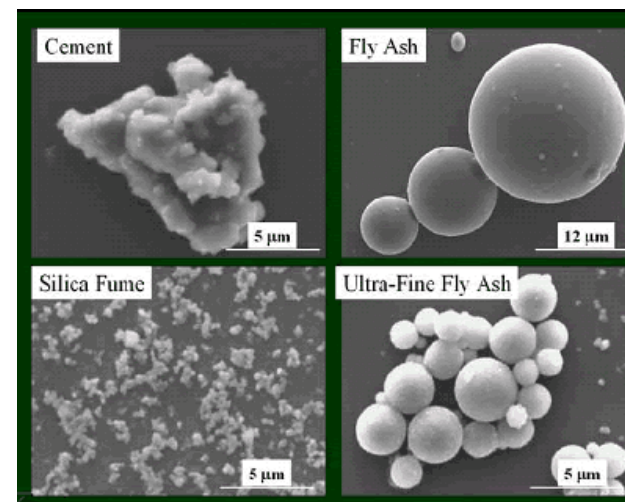
V

W

T

L, LL

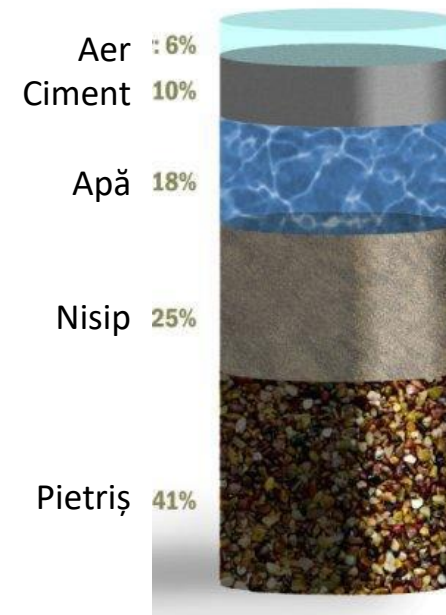
D





**Betonul** este un material mixt, un amestec de:

- **agregate** → naturale → balastieră sau carieră
  - artificiale → zgură/argilă expandată
  - reciclate
- **ciment** → Portland
  - Portland cu adaosuri
  - hidrotehnic
  - rezistent la sulfați
- **apă**
- **aditivi** → reductori de apă
  - antrenori de aer
  - acceleratori de priză
  - întârziatori de priză
  - plastifianți
- **adaosuri** → cenușă volantă uscată (zburătoare)
  - zgura granulată de furnal înalt (măcinată sau nemăcinată)
  - silicea ultrafină (SUF) sau silicea amorfă



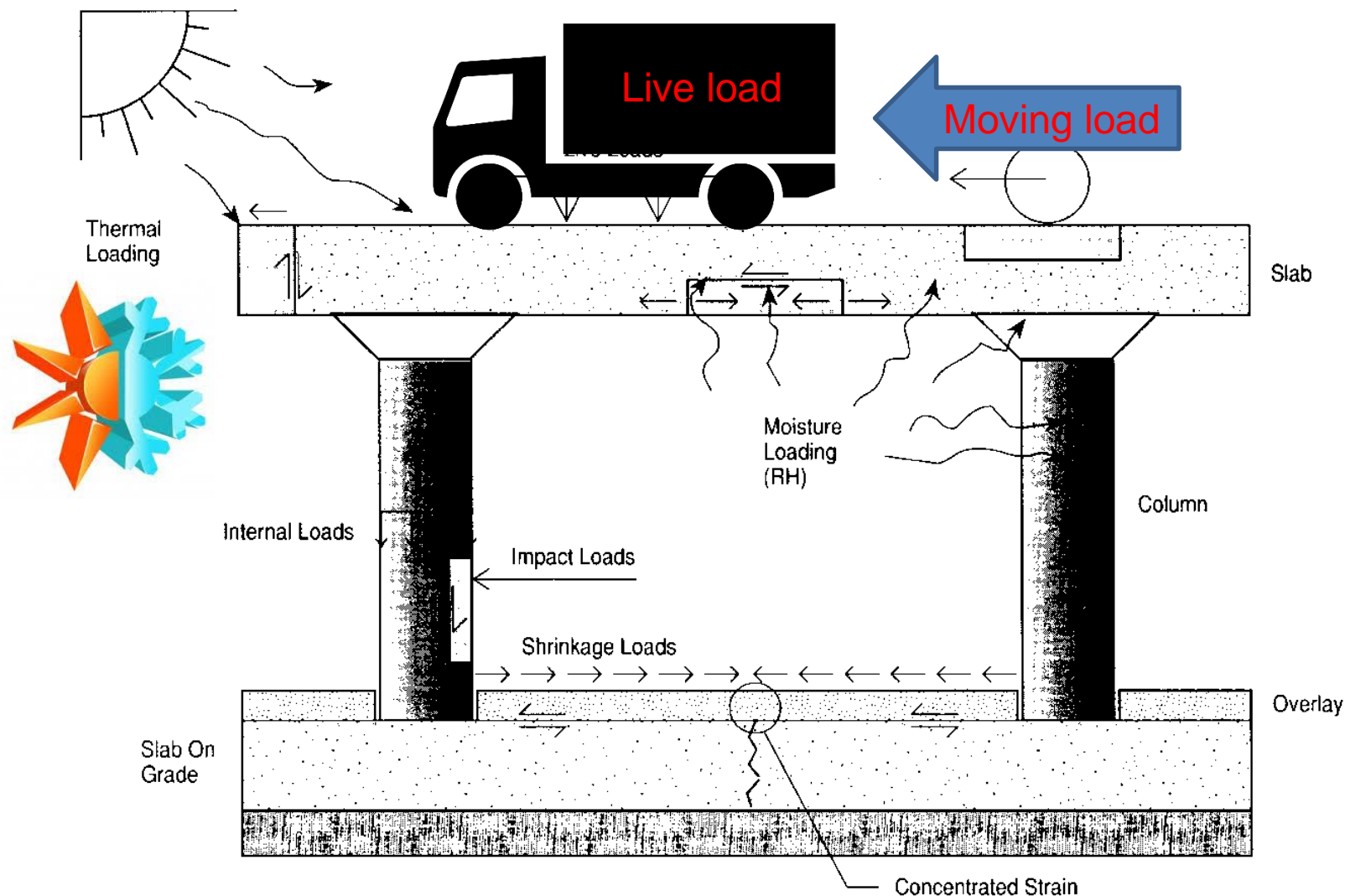
## TIPURI DE BETOANE

- **BETON PROASPĂT / FRESH CONCRETE**  $\rho = 2300 \dots 2400 \text{ kg/m}^3$
- **BETON ÎNTĂRIT / HARDENED CONCRETE**  $\rho = 2000 \dots 2600 \text{ kg/m}^3$
- **BETON SIMPLU / PLAIN CONCRETE**
- **BETON ARMAT / REINFORCED CONCRETE**
- **BETON PRECOMPRIMAT / PRESTRESSED CONCRETE**

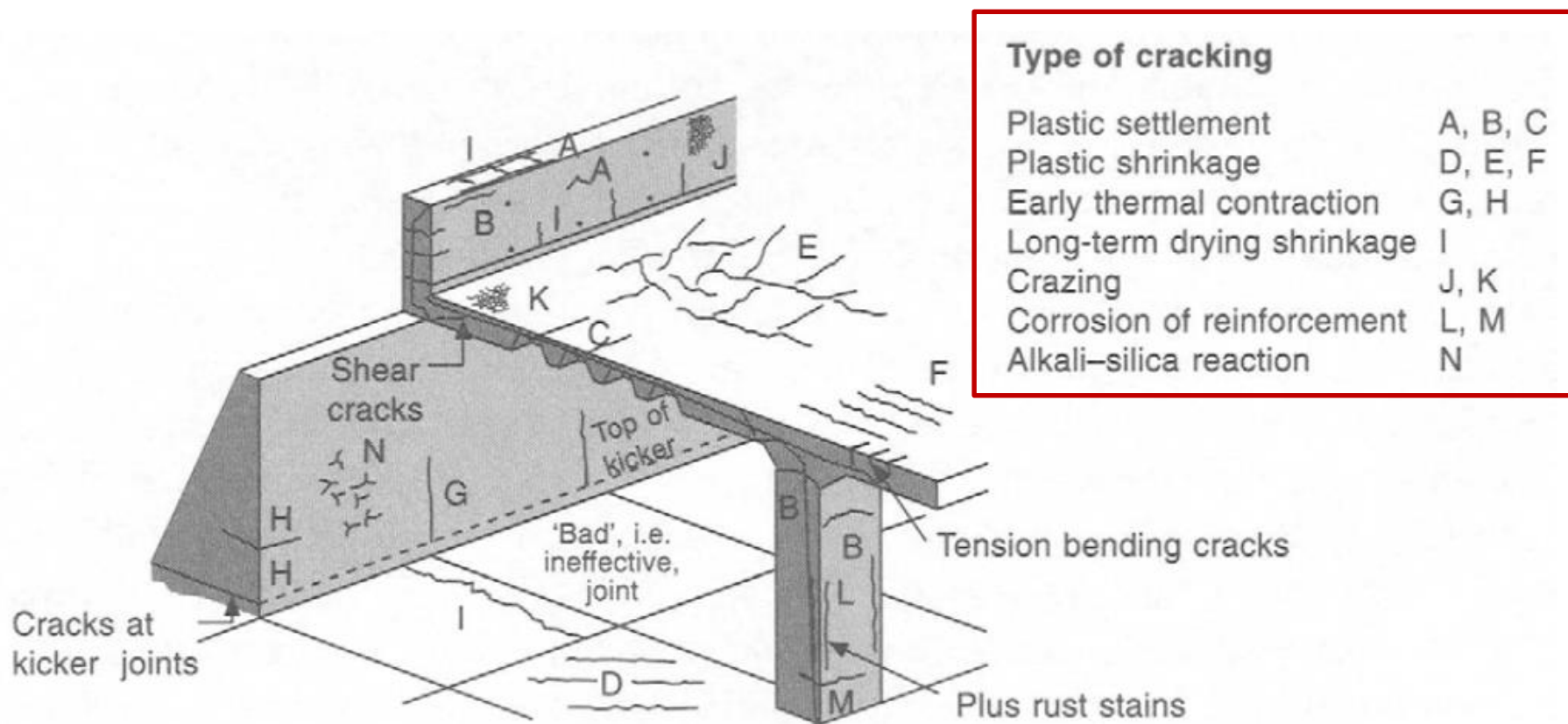
## BETOANE SPECIALE

- **BETON UȘOR / LIGHT-WEIGHT CONCRETE (LC)**       $\rho < 2000 \text{ kg/m}^3$ 
  - BETON CU AGREGATE UȘOARE
  - BETON CELULAR (BCA) / CELLULAR CONCRETE
- **BETON GREU / HEAVYWEIGHT CONCRETE**       $\rho > 2600 \text{ kg/m}^3$
- **BETON CU REZISTENȚĂ RIDICATĂ / HIGH STRENGTH CONCRETE**
- **BETON CU ÎNALTĂ PERFORMANȚĂ / HIGH PERFORMANCE CONCRETE (HPC)**
- **BETON MODIFICAT CU POLIMERI / POLYMER-MODIFIED CONCRETE**
- **BETON ARMAT CU FIBRE / FIBER REINFORCED CONCRETE (FRC)**
- **BETON AUTOCOMPACTANT / SELF COMPACTING CONCRETE (SCC)**
- **BETON TORCRETAT / SHOTCRETE**

## FACTORII CARE AFECTEAZĂ STRUCTURA



## TIPURI DE FISURI

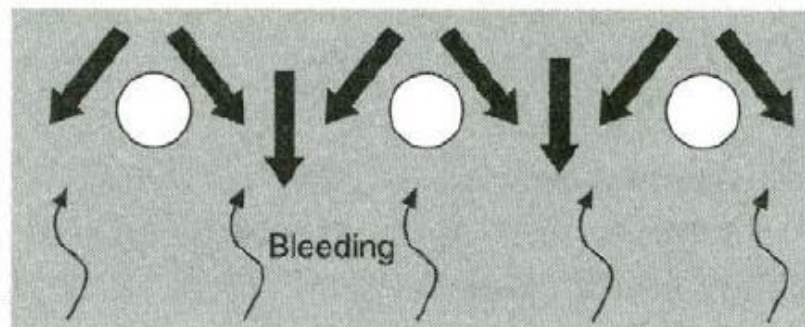


**Figure 2.1** Examples of intrinsic cracks in hypothetical structure (from Concrete Society, 1992).

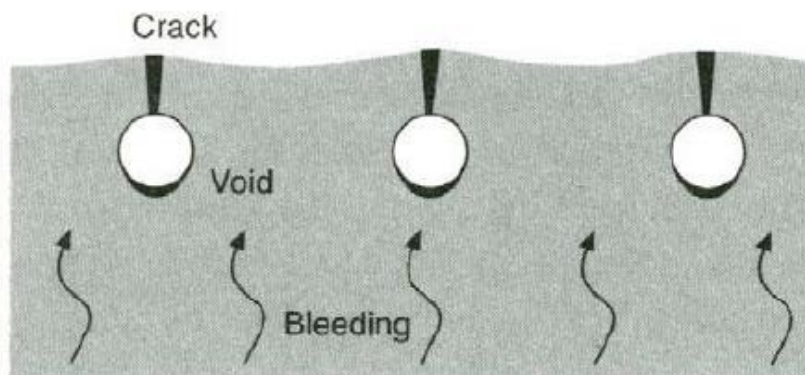
(Newman & Choo)

## FISURI DIN TASAREA BETONULUI

- Apar la 30 min ... 6 ore de la turnare



(a) Initiation



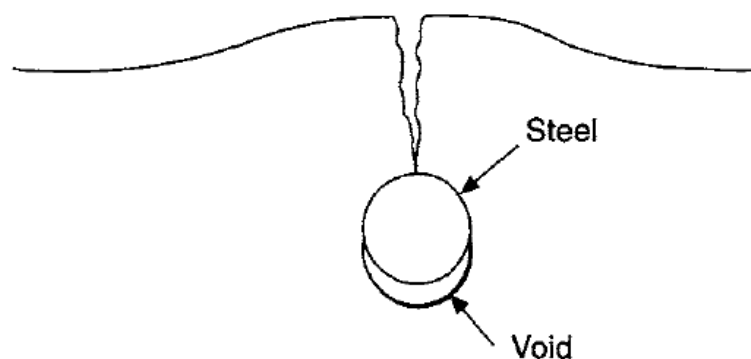
(b) After a few hours

**Figure 2.2** Formation of plastic settlement crack (initial and final state).

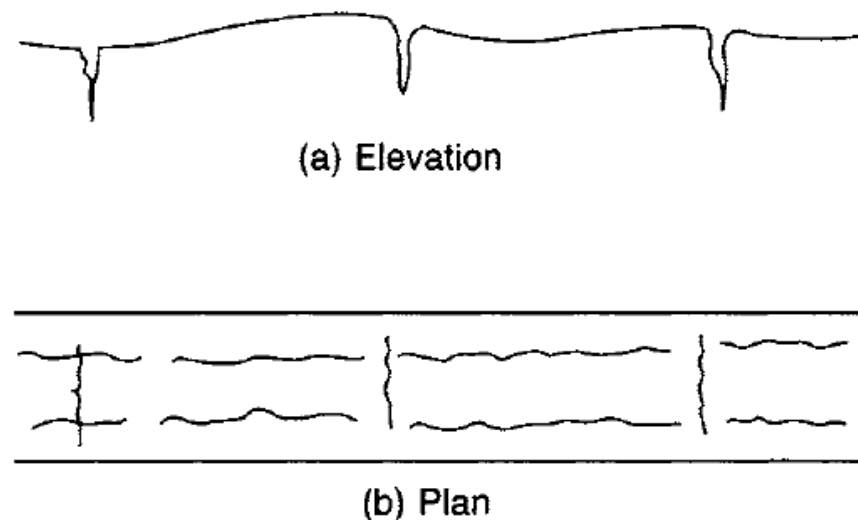
(Newman & Choo)

## FISURI DIN TASAREA BETONULUI

- Apar la 30 min ... 6 ore de la turnare



**Figure 2.4** Section showing undulations.

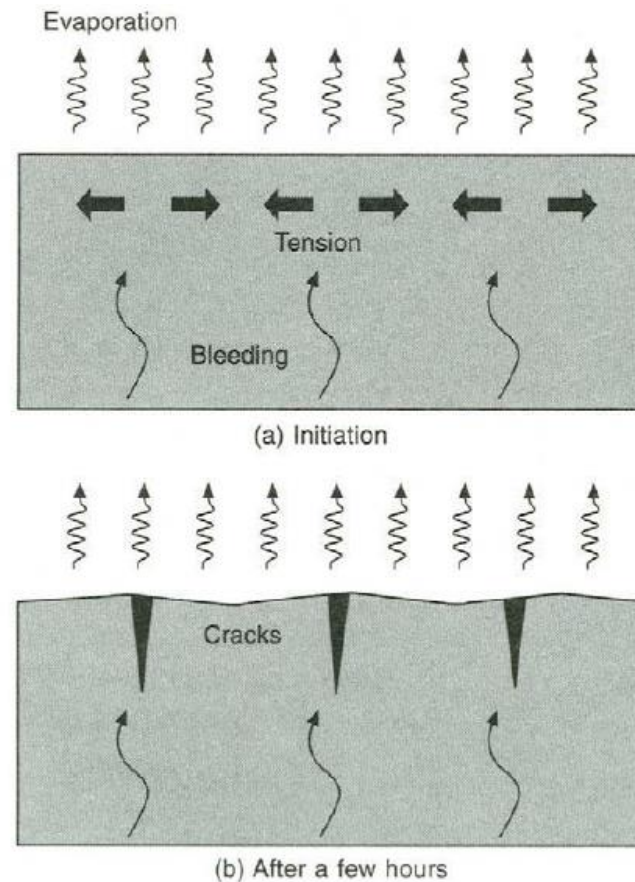


**Figure 2.3** General plan view of cracks following bar pattern.

(Newman & Choo)

# FISURI DIN CONTRACȚIA PLASTICĂ A BETONULUI

- Apar la 1 - 6 ore de la turnare



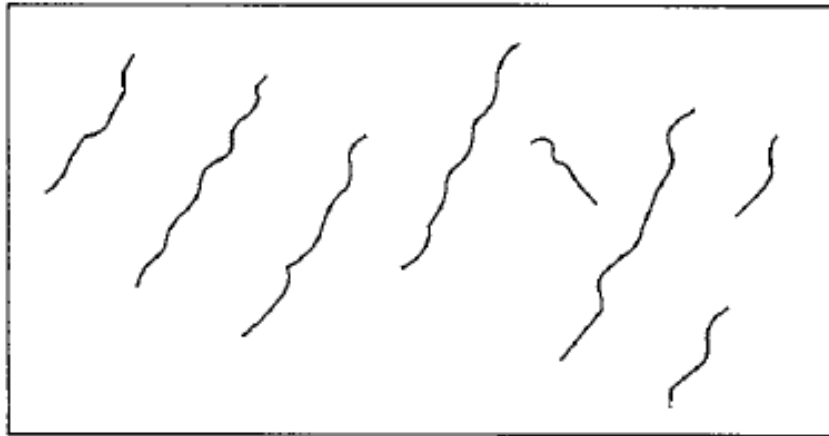
**Figure 2.8** Process of plastic shrinkage cracking (initiation and final state).

(Newman & Choo)

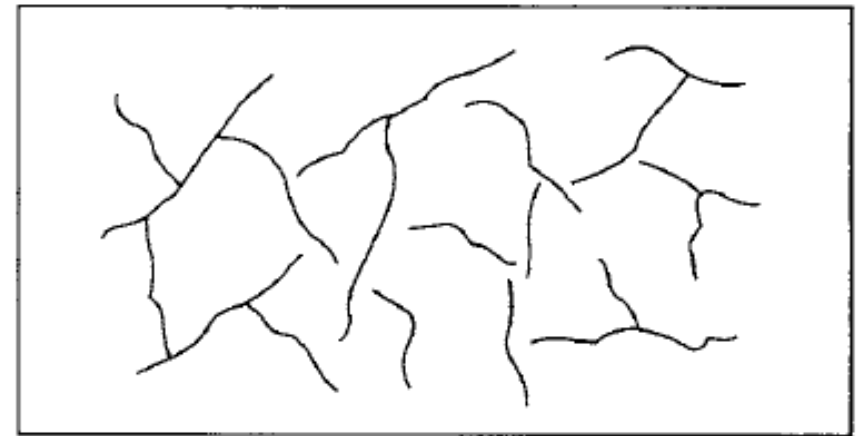


## FISURI DIN CONTRACȚIA PLASTICĂ A BETONULUI

- Apar la 1 - 6 ore de la turnare
- În general au:
  - max. 3 mm deschidere
  - adâncime de 20-50 mm



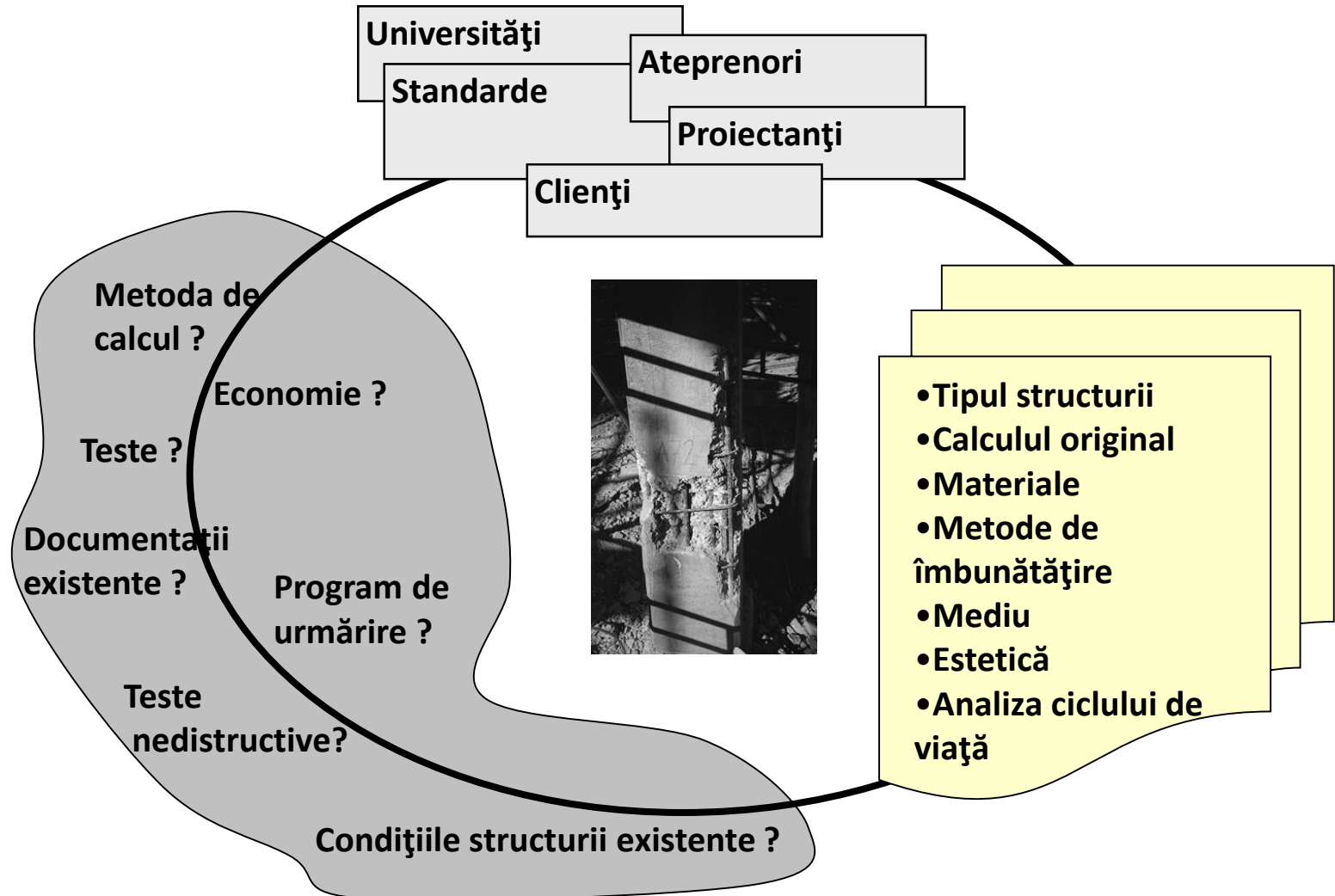
**Figure 2.9** Plan of diagonal cracking.



**Figure 2.10** Plan of map cracking.

(Newman & Choo)

# COMPLEXITATEA PROBLEMEI



(Prof. Björn Täljsten)

## COMPLEXITATEA PROBLEMEI

Durabilitatea betonului este influențată de următorii factori:

- **condițiile de expunere:** atmosfera, solul, apa de mare, săruri, abraziune mecanică, depozitare sau contact cu substanțe chimice → **clasa de expunere X**
- **tipul de ciment** → pot fi necesare cimenturi speciale rezistente la agenții chimici
- **calitatea betonului** → se alege uzual din condiții de rezistență, dar poate să fie necesară o clasă superioară în anumite medii
- **grosimea de acoperire cu beton a armăturii** → se calculează funcție de clasa de expunere, are rolul de a proteja armătura de pătrunderea substanțelor agresive, dar și în caz de incendii
- **deschiderea fisurilor** → dacă nu depășesc deschiderile admise (general 0,3 mm), nu sunt în general periculoase

*Dacă factorii sunt favorabili, durabilitatea betonului este foarte mare.*

# INFORMAȚII NECESARE PENTRU EVALUARE

Evaluarea sistemului de întreținere/reparație/consolidare se bazează pe următoarele informații și cunoștințe:

- 1) Tipul de deteriorare, cauza deteriorării, locul deteriorării
- 2) Necesitatea consolidării (îmbunătățirii)
- 3) Cerințele structurii reparate și procedeul de reparare
- 4) Date referitoare la structura veche, metoda și materialul pentru de întreținere/reparație/consolidare
- 5) Existența teoriilor pentru analiza interacțiunilor între întreținere/reparație/consolidare și structură

# 1) Tipul de deteriorare, cauza deteriorării, locul deteriorării

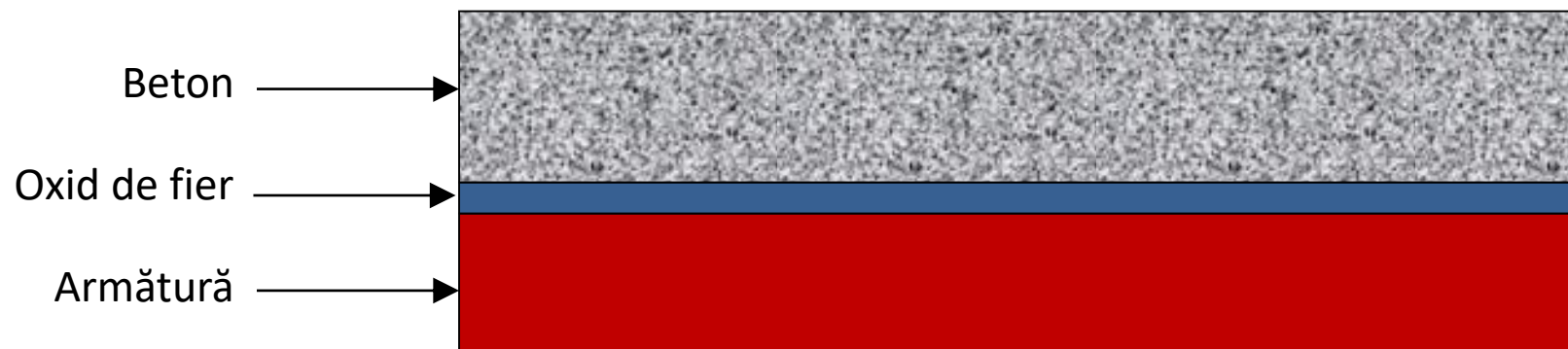
- a. Coroziunea armăturilor
- b. Îngheț/dezgheț (intern și extern)
- c. Reacții alcalii-agregate (silicioase)
- d. Scurgerea (dizolvarea) varului sau calciului
- e. Reacții cu sulf
- f. Degradări din cauza acizilor
- g. Degradări din cauza sării
- h. Reacții biologice
- i. Abraziunea

## Efecte suprapuse ????

## a. Coroziunea armăturilor

Armătura nu corodează în betonul bun datorită valorii mari a valorii de pH (cca 13)

→ Se creează un strat dens de oxid pe armătură  $[\text{Fe}(\text{OH})_2]$ .



(Prof. Björn Täljsten)

## a. Coroziunea armăturilor

### - Cauzele

- Cloruri înglobați (turnați) (acceleratori, balast sau apa de amestecare)
- Cloruri din exterior (apă de mare, săruri de dezghețare)

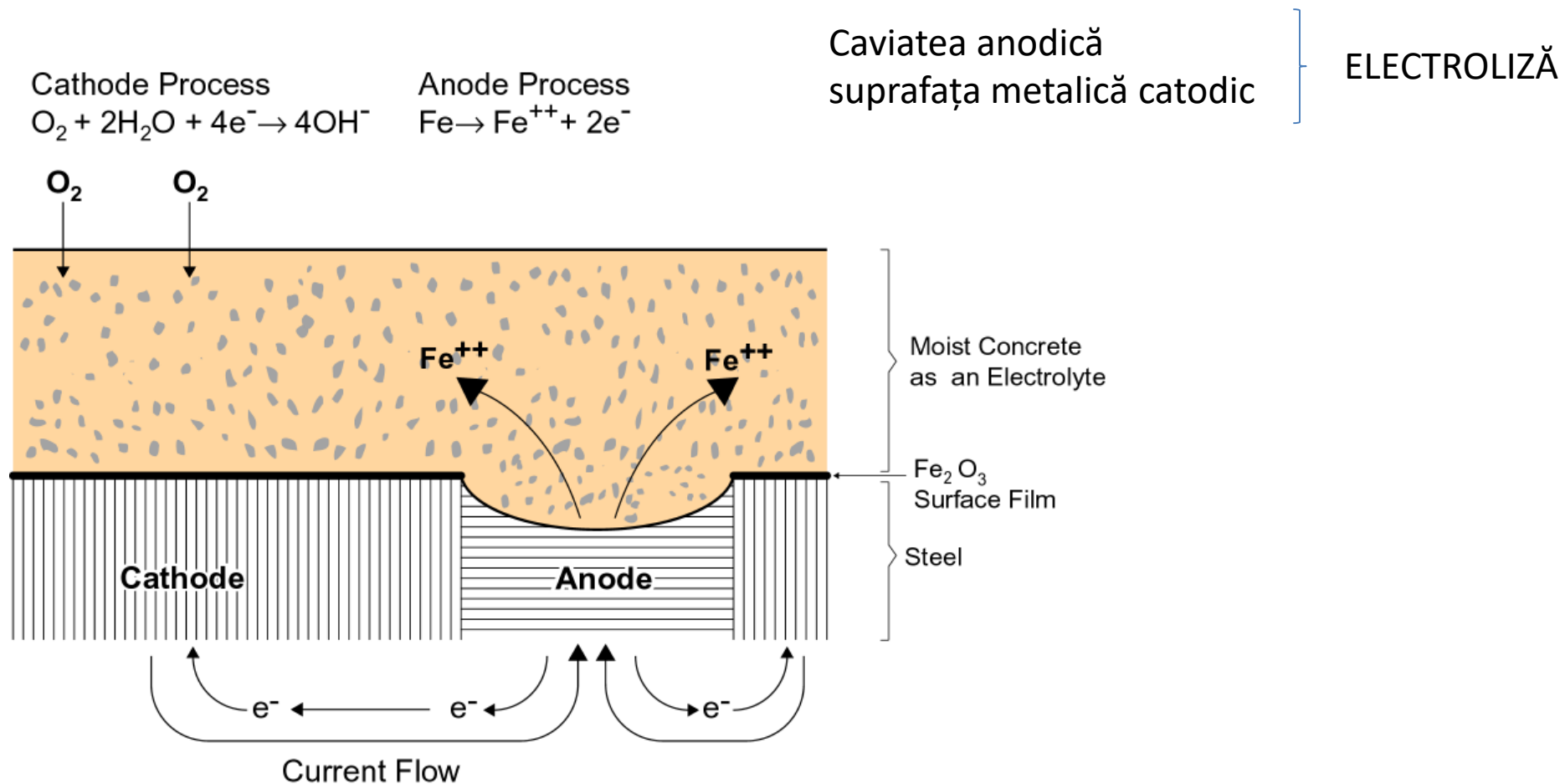
- Când concentrația de cloruri atinge un nivel critic, armătura va începe să corodeze (cca. 0.4% din masa cimentului)

- Cloruri cu mișcare liberă (sub formă de ioni în apa din pori)

### - Cloruri legați

- chimic
- fizic

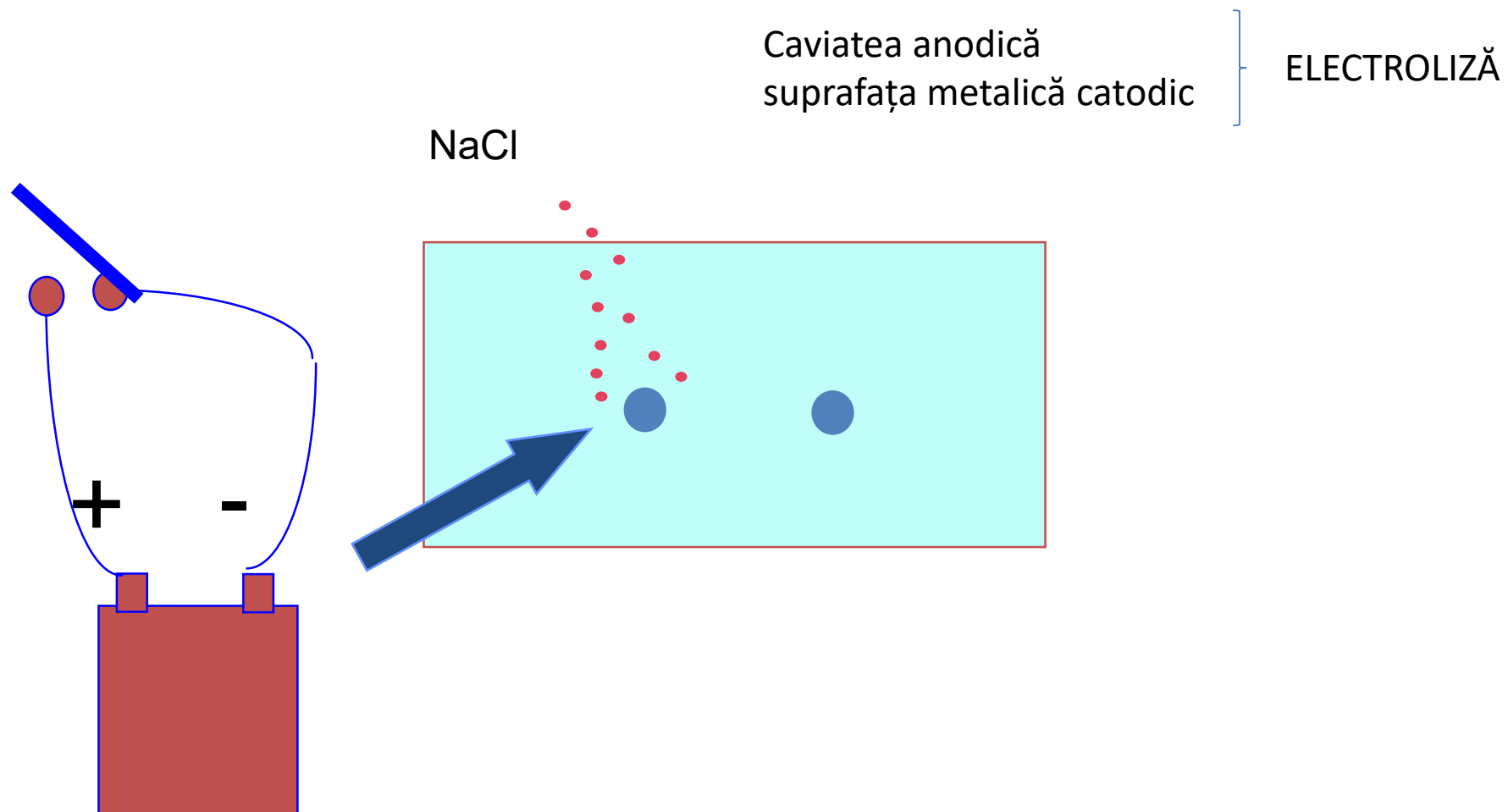
## a. Coroziunea armăturilor – Procesul de coroziune



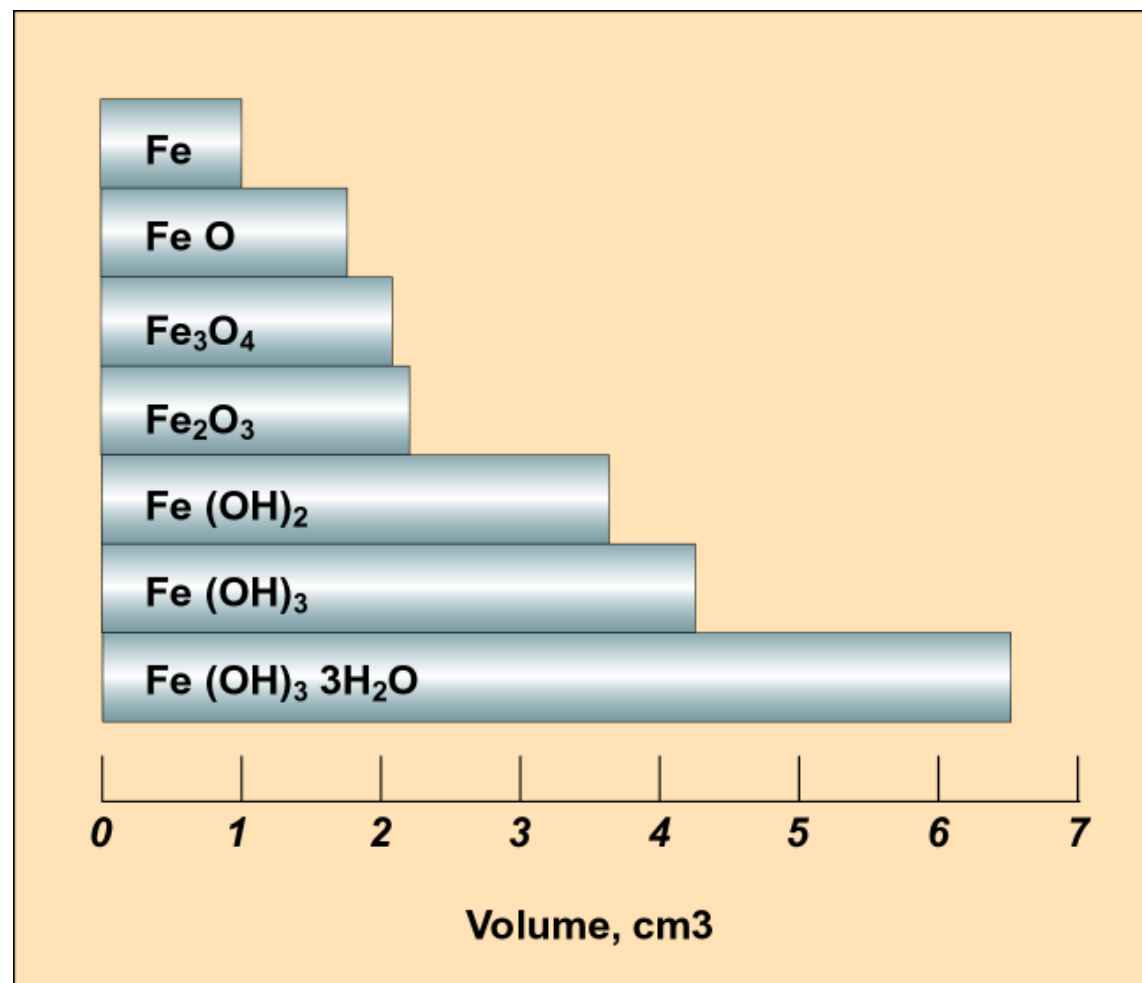
(Paulo Monteiro)



## a. Coroziunea armăturilor – Procesul de coroziune



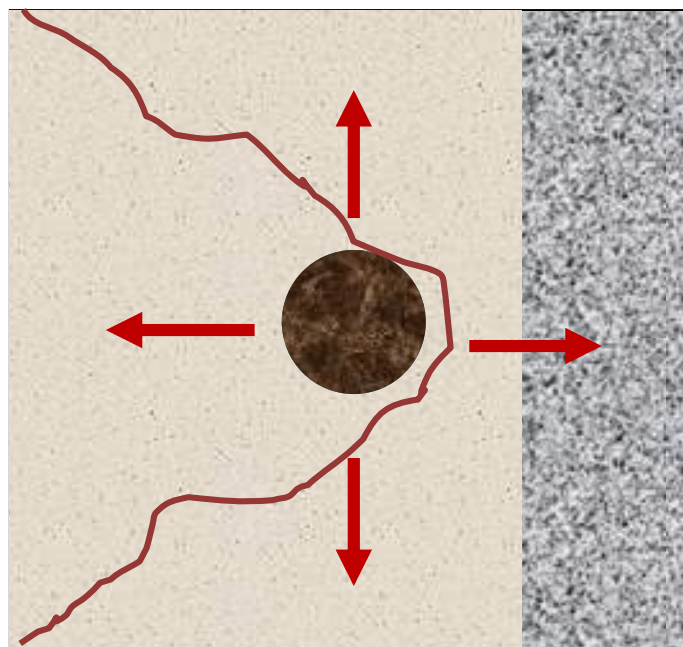
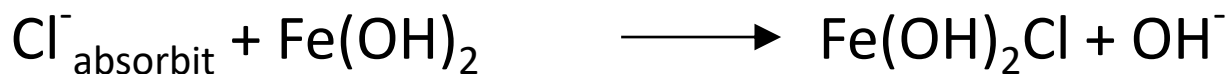
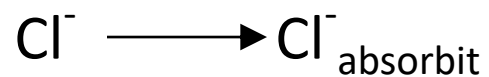
## a. Coroziunea armăturilor – Schimbare volumetrică



(Paulo Monteiro)

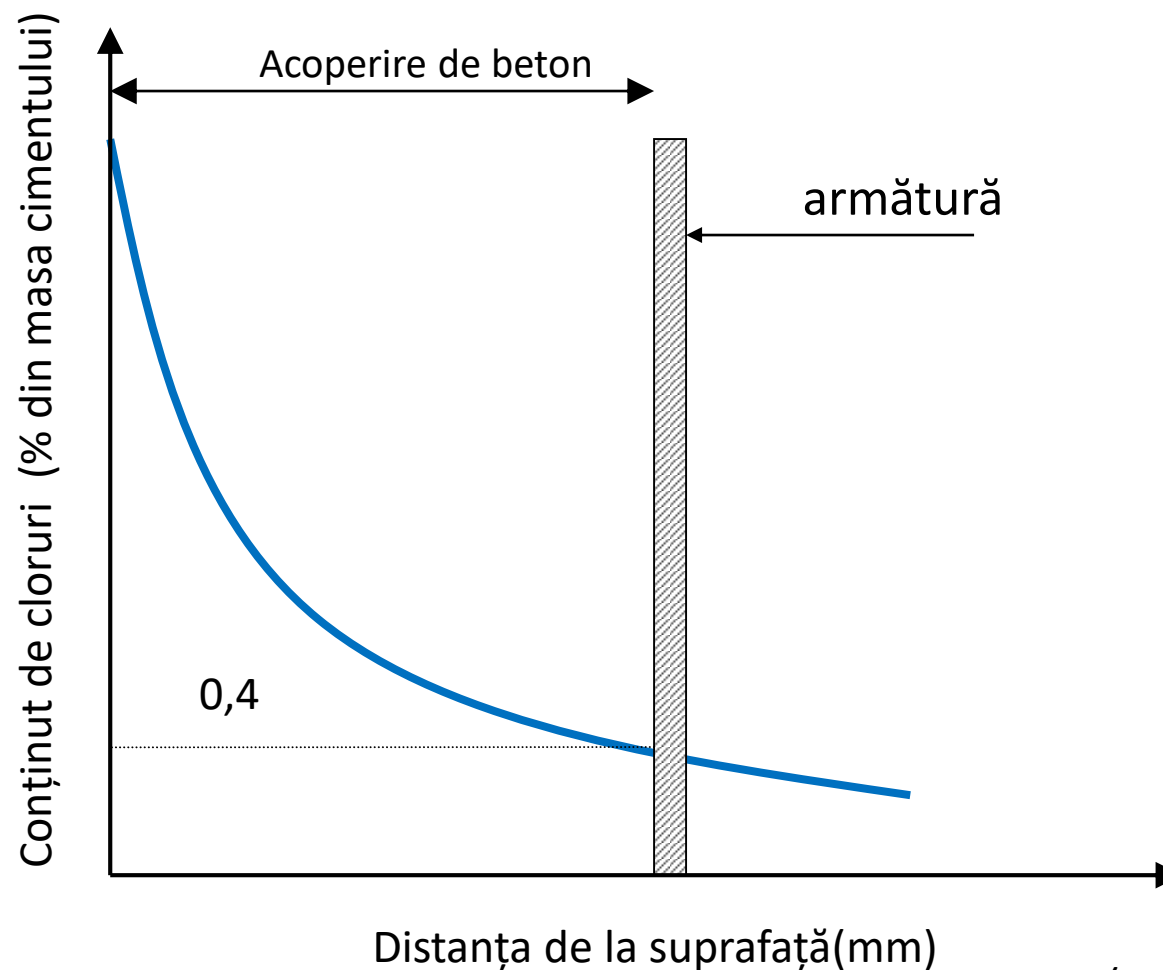
## a. Coroziunea armăturilor – inițiat de cloruri

Ce se întâmplă când oțelul devine depasivat ?



(Prof. Björn Täljsten)

## a. Coroziunea armăturilor – inițiat de cloruri



(Prof. Björn Täljsten)

## a. Coroziunea armăturilor – inițiat de cloruri

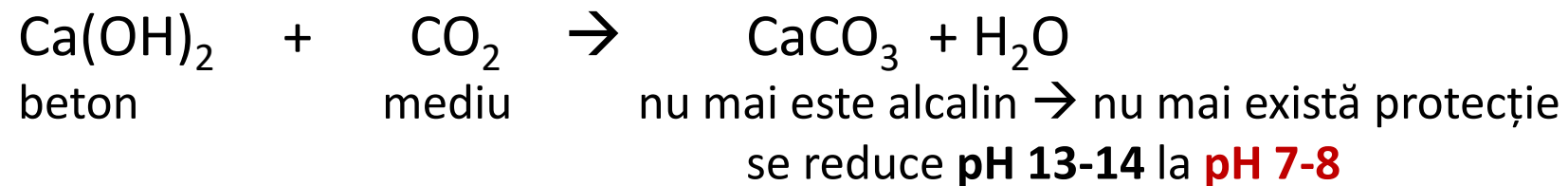
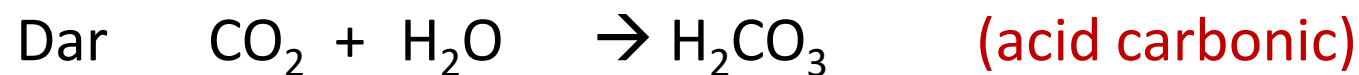


Coroziune de armătură inițiat de cloruri

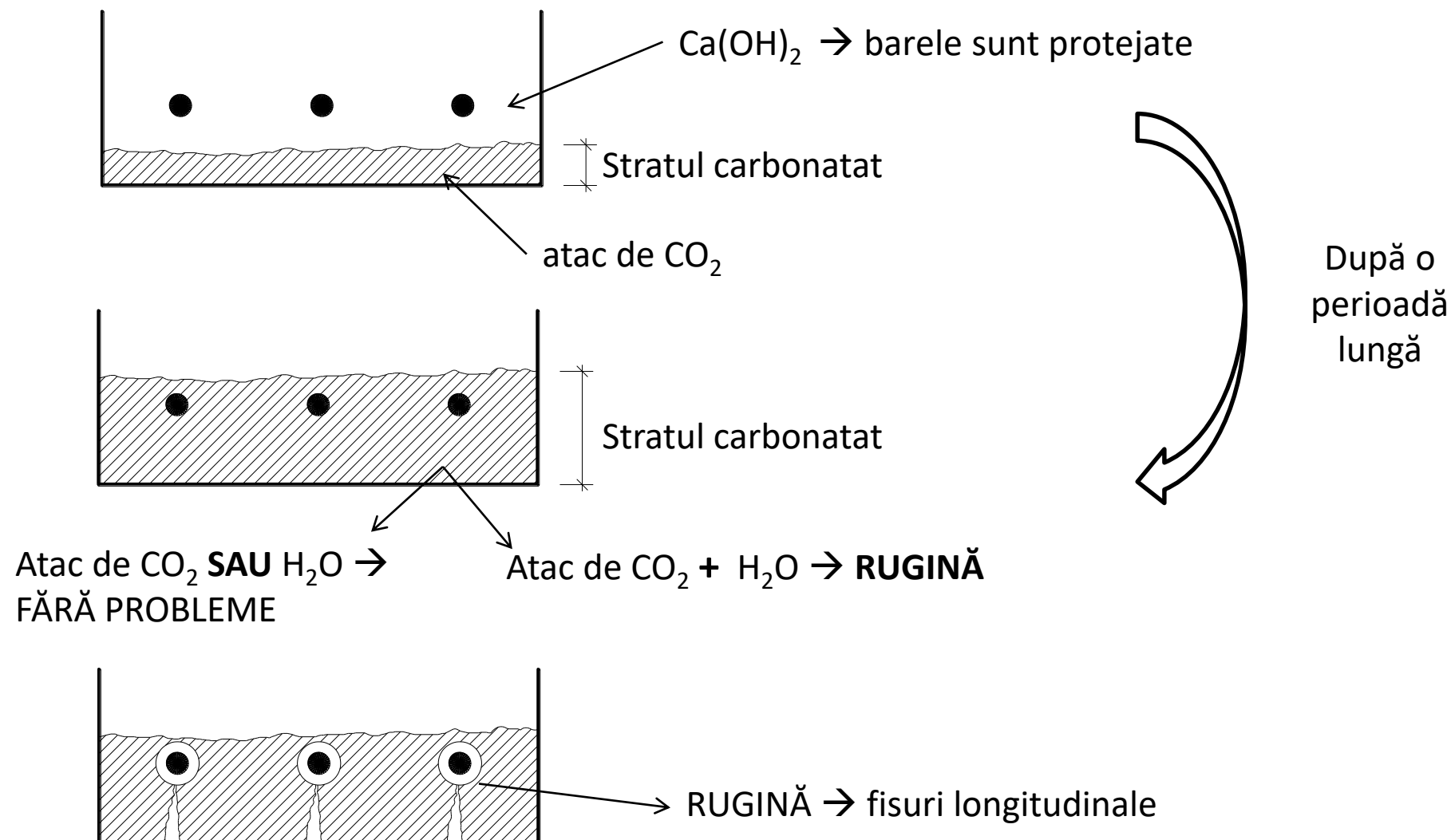
(Prof. Björn Täljsten)

## a. Coroziunea armăturilor – inițiat de carbonatare

În timp →

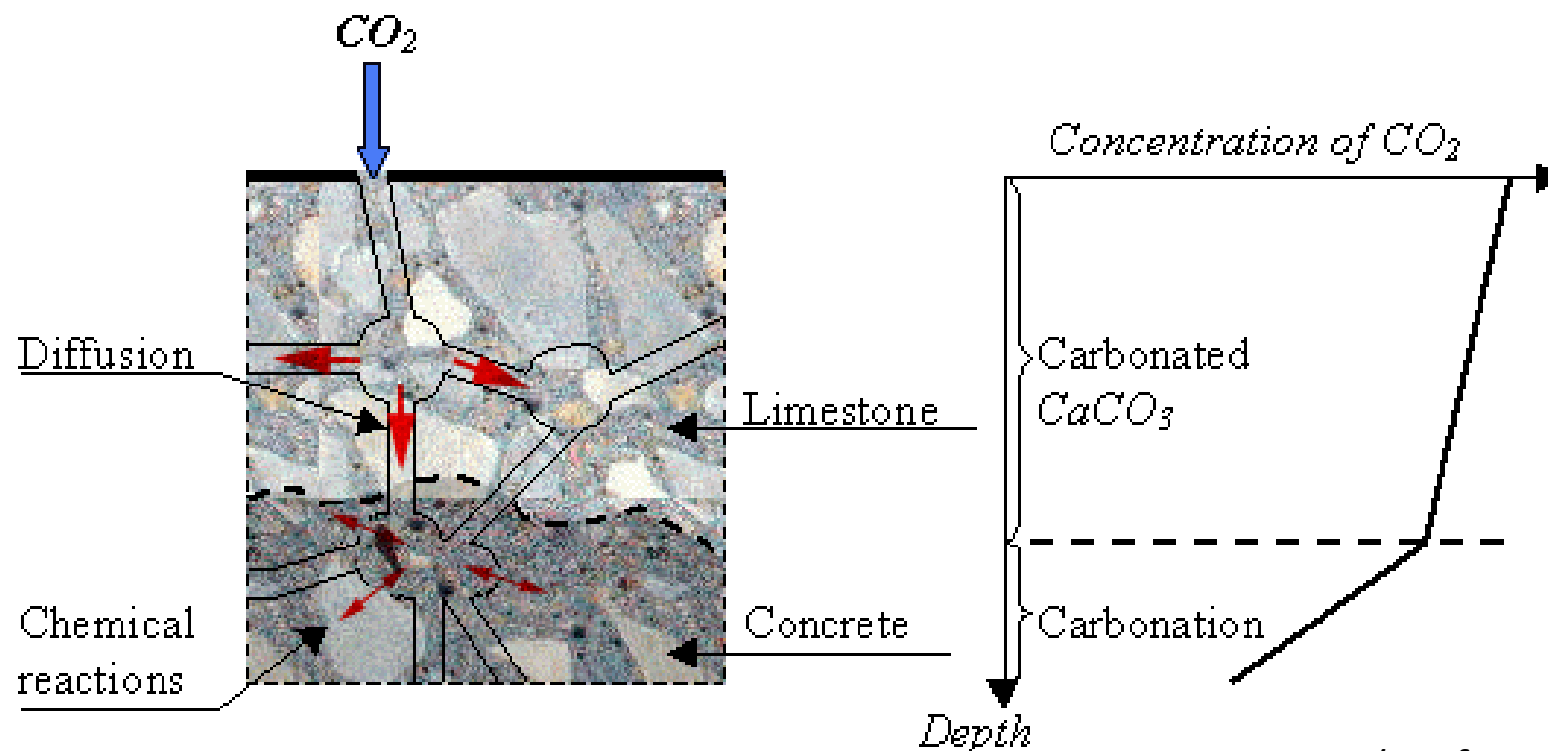
CO<sub>2</sub> → nu se întâmplă nimic!H<sub>2</sub>O → nu se întâmplă nimic!După depasivare H<sub>2</sub>CO<sub>3</sub> atacă armătura → ruginire

## a. Coroziunea armăturilor – inițiat de carbonatare



## a. Coroziunea armăturilor – inițiat de carbonatare

Mișcarea  $\text{CO}_2 \rightarrow$  rata de difuziune în aer a  $\text{CO}_2$  este de  $10^4$  ori mai mare decât pentru  $\text{CO}_2$  dizolvat în apă.



(Prof. Björn Täljsten)





(Prof. Björn Täljsten)



(Prof. Björn Täljsten)



(Prof. Björn Täljsten)

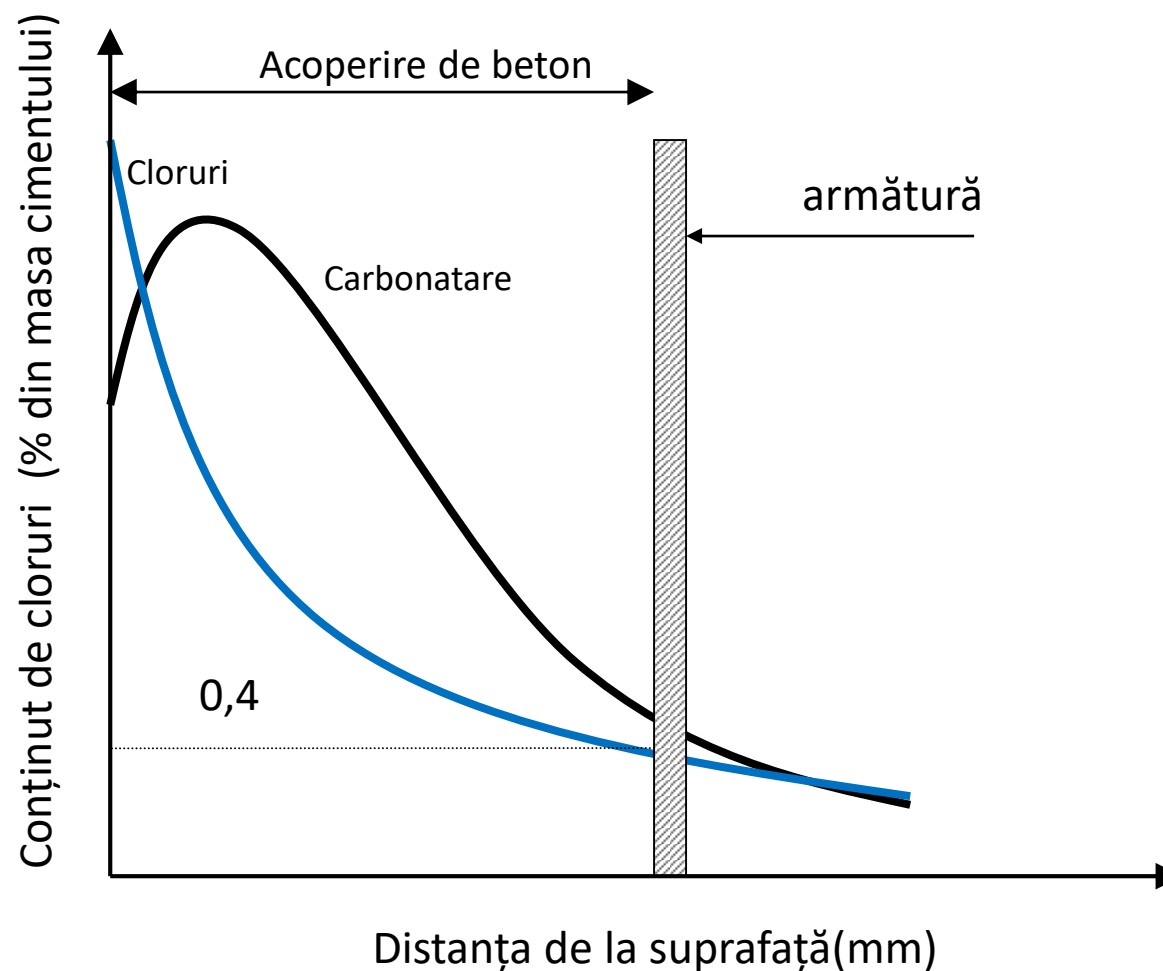


(Prof. Björn Täljsten)



(Prof. Björn Täljsten)

## a. Coroziunea armăturilor – combinația carbonatării și a clorurilor



(Prof. Björn Täljsten)

## b. Îngheț/dezgeț

- Când apa îngheață are loc o expansiune de 9%
- Porii din beton variază de la nanometri la milimetri.
- Apa din porii mai mici îngheață la temperaturi mai scăzute decât apa în porii mai mari

Exemplu: apa într-un por cilindric cu  $D=10$  nm îngheață la  $-25^{\circ}\text{C}$ , până când într-una de  $D=100$  nm îngheață la  $-3^{\circ}\text{C}$ )

(Prof. Björn Täljsten)

## b. Îngheț/dezgeț

Ipoteza 1: Teoria compresiunii hidraulice:

→ Prin înaintarea înghețului în pori, apa creează presiune care afectează scheletul betonului

Ipoteza 2: Efecte osmotice:

→ Când se creează gheață în pori, aceasta duce la creșterea concentrației de ioni în apa din vecinătate. Ionii sunt mai puțini mobili decât moleculele de apă. Apa se transportă până la interfața gheții, unde îngheață și duce la creșterea presiunii și la fisurare în scheletul de beton.

(Prof. Björn Täljsten)



## b. Îngheț/dezgheț

Nici una dintre ipoteze anterioare nu pot explica singur problema de îngheț-dezgheț → probabil este o combinație de efecte

Degradarea prin îngheț depinde de:

- Saturația cu apă
- Permabilitatea materialului
- Rezistența la întindere a betonului
- Sistemul/structura de pori al betonului (raport A/C, aditivi, etc)
- Sarea din pori ( $\text{Cl}^-$ )
- Conținut de aer

(Prof. Björn Täljsten)

## b. Îngheț/dezgheț

Degradarea la îngheț se întâmplă doar peste o anumită saturație limită, când cca 92% din porii betonului sunt umpluți cu apă.

Cum putem evita degradarea datorită fenomenului de îngheț-dezgheț?



## b. Îngheț/dezgheț

Degradarea la îngheț se întâmplă doar peste o anumită saturație limită, când cca 92% din porii betonului sunt umpluți cu apă.

Cum putem evita degradarea datorită fenomenului de îngheț-dezgheț?

- Prin utilizarea unor aditivi de tip antrenori de aer
  - crește porozitatea betonului: bulele de aer asigură spații pentru apă la avansarea înghețului, ameliorând presiunea hidrostatică

La dezgheț apa se retrage din bulele de aer lăsându-le goale pentru a se adapta la următorul ciclu de îngheț.

b. Îngheț/dezgheț



b. Îngheț/dezghet



## c. Reacții alcalii-agregate (silicioase)

-Este o **reacție** fizico-chimică **între agregat și pasta de ciment**, o reacție lentă, care poate dura până la 20 de ani înainte de a fi văzut

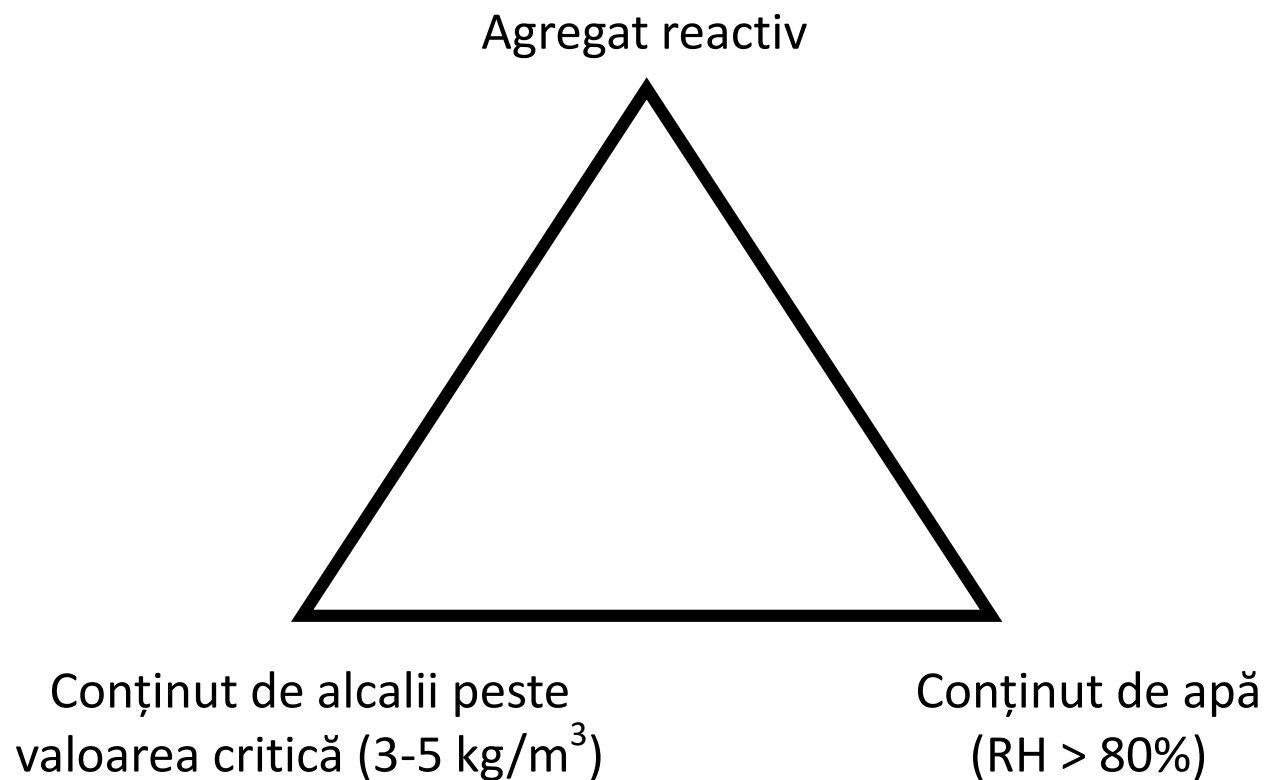
-Agregatul poate reacționa cu alcalii în pasta de ciment și de a crea un gel higroscopic (= absoarbe umezeala din aer)

-**Degradările** apar în interiorul betonului sub formă de creștere de volum, urmată de **fisurare**

-Se formează un **mod tipic de fisurare**, unde fisurile au de regulă culori închise și sunt umede, chiar dacă betonul este uscat

(Prof. Björn Täljsten)

## c. Reacții alcalii-agregate (silicioase) – Condiții de apariție



(Prof. Björn Täljsten)



(Prof. Björn Täljsten)





(Prof. Björn Täljsten)

## c. Reacții alcalii-agregate (silicioase)

Cum se poate evita?

- Utilizarea unor cimenturi cu conținut redus de alcalii
- Utilizarea unor cimenturi cu cenușă zburătoare
- Adaos de praf de siliciu
- Utilizarea unor agregate "cu risc" în proporție mai mică de 20%

(Prof. Björn Täljsten)

## d. Scurgerea (dizolvarea) (leaching)

- Apa care scurge prin fisurile existente din beton, dizolvă minerale din pasta de ciment sau din agregate.
- Ionii dizolvați ca și calciul ( $\text{Ca}^{2+}$ ) sunt transportați, iar apa suprasaturată se prelinge pe element, putând precipita, constituind depozite în fisuri sau pe suprafața elementului.
- Scurgerea în primul rând este o problemă de cosmetică
- Procesul câteodată poate produce "autovindecarea" fisurii.
- Poate da indicații despre fisuri

(Prof. Björn Täljsten)



## Strategii de luat în considerare pentru creșterea durabilității:

### A. Evitarea reacțiilor de degradare – se obține prin:

- „schimbarea mediului” aplicarea pe elemente a unor membrane, pelicule de protecție etc.;
- alegerea unor materiale nereactive: oțel inoxidabil, oțel peliculizat, agregate nereactive, cimenturi rezistente la sulfați;
- inhibarea reacțiilor prin protecție catodică, utilizarea antrenorilor de aer pentru sporirea rezistenței la îngheț-dezgheț.

### B. Selectarea materialelor și compozițiilor optime, potrivite pentru a rezista reacțiilor de degradare considerate și așteptate:

- compoziția adecvată a betonului;
- grosimi de acoperire cu beton corelate cu condițiile de mediu;
- aplicarea unei tehnologii adecvate de compactare a betonului;
- sporirea secțiunii elementelor față de cele rezultate din calcul, dacă este necesar.

SR EN 1992-1-1:2004

Tabelul 4.1 - Clase de expunere în funcție de condițiile de mediu, conform EN 206-1

Notare clasă	Descriere mediu înconjurător:	Exemple informative care prezintă alegerea claselor de expunere
<b>1 Nici un risc de coroziune, nici de atac</b>		
X0	Beton simplu și fără piese metalice înglobate; orice expunere în afară de îngheț/dezghet, de abraziune și de atac chimic. Beton armat sau cu piese metalice înglobate: foarte uscat	Beton la interiorul clădirilor unde umiditatea aerului ambiant este foarte scăzută
<b>2 Coroziune indusă de carbonatare</b>		
XC1	Uscat sau umed în permanență	Beton la interiorul clădirilor unde umiditatea aerului ambiant este scăzută Beton imersat în permanență în apă
XC2	Umed, rareori uscat	Suprafețe de beton supuse la contact de lung termen cu apă Un mare număr de fundații
XC3	Umiditate moderată	Beton la interiorul clădirilor unde umiditatea aerului ambiant este medie sau ridicată Beton exterior adăpostit de ploaie
XC4	Alternativ umed și uscat	Suprafețe de beton supuse la contact cu apa, dar nu intră în clasa de expunere XC2
<b>3 Coroziune indusă de cloruri</b>		
XD1	Umiditate moderată	Suprafețe de beton expuse la cloruri transportate pe cale aeriană
XD2	Umed, rareori uscat	Piscine Elemente de beton expuse la ape industriale care conțin cloruri
XD3	Alternativ umed și uscat	Elemente de pod expuse la stropire cu apă care conțin cloruri Șosele Dale de parcaje pentru staționare vehicule
<b>4 Coroziune indusă de cloruri prezente în apa de mare</b>		
XS1	Expus la aer vehiculând sare marină dar fără contact direct cu apa de mare	Structuri pe sau în proximitatea unei coaste
XS2	Imersat în permanență	Elemente de structuri marine
XS3	Zone de marnage, zone supuse la stropire sau la brumă	Elemente de structuri marine
<b>5. Atac îngheț/dezghet</b>		
XF1	Saturare moderată în apă, fără agent antipolei	Suprafețe verticale de beton expuse ploii și înghețului
XF2	Saturare moderată în apă, cu agent antipolei	Suprafețe verticale de beton în lucrări rutiere expuse înghețului și aerului vehiculând agenți de dezghetare
XF3	Saturare puternică în apă, fără agent antipolei	Suprafețe orizontale de beton expuse la ploaie și la îngheț
XF4	Saturare puternică în apă, cu agent antipolei sau apă de mare	Drumuri și tabliere de pod expuse la agenți de dezghet. Suprafețe de beton verticale direct expuse la stropirea cu agenți de dezghet și la îngheț. Zone ale structurilor marine supuse la stropire și expuse la îngheț
<b>6. Atacuri chimice</b>		
XA1	Mediu cu slabă agresivitate chimică după EN 206-1, tabelul 2	Soluri naturale și apă în sol
XA2	Mediu cu agresivitate chimică moderată după EN 206-1, tabelul 2	Soluri naturale și apă în sol
XA3	Mediu cu agresivitate chimică ridicată după EN 206-1, tabelul 2	Soluri naturale și apă în sol

**0** → Nici un risc de coroziune**C** → Carbonation = Carbonatare**D** → Deicing salt = Sare pentru dezghetare**S** → Seawater = Apă de mare**F** → Frost = Îngheț**A** → Aggressive environment = Agresivitate chimică**+ M** → Mechanical abrasion = Uzură mecanică

## Clase de expunere în funcție de condițiile de mediu, conform NE 012-1:2007

Notare clasă	Descriere mediu înconjurător	Exemple informative care prezintă alegerea claselor de expunere
<b>1. Nici un risc de coroziune, nici de atac</b>		
<b>X0</b>	Beton simplu și fără piese metalice înglobate. Toate expunerile, cu excepția cazurilor de îngheț-dezghet, de abraziune și de atac chimic	Beton de umplutură / egalizare.
<b>2. Coroziune indusă de carbonatare (când betonul care conține armături sau piese metalice înglobate, este expus la aer și umiditate)</b>		
<b>XC1</b>	Uscat sau umed în permanență	Beton la interiorul clădirilor unde umiditatea aerului ambiant este scăzută (inclusiv bucătăriile, băile și spălătoriile clădirilor de locuit). Beton imersat în permanență în apă.
<b>XC2</b>	Umed, rareori uscat	Suprafețe de beton supuse la contact de lung termen cu apa (de exemplu elemente ale rezervoarelor de apă). Un mare număr de fundații.
<b>XC3</b>	Umiditate moderată	Beton la interiorul clădirilor unde umiditatea aerului ambiant este medie sau ridicată (bucătării, băi, spălătorii profesionale altele decât cele ale clădirilor de locuit). Beton exterior adăpostit de ploaie (elemente la care aerul din exterior are acces constant sau des, de exemplu : hale deschise).
<b>XC4</b>	Alternativ umed și uscat	Suprafețe de beton supuse la contact cu apa, dar nu intră în clasa de expunere XC2 (elemente exterioare expuse intemperiilor).
<b>3. Coroziunea datorată clorurilor având altă origine decât cea marină (ex. sărurile pentru dezghețare)</b>		
<b>XD1</b>	Umiditate moderată	Suprafețe de beton expuse la cloruri transportate pe cale aeriană (de exemplu suprafețele expuse agenților de dezghețare de pe suprafața carosabilă, pulverizați și transportați de curenții de aer, la garaje, etc.)
<b>XD2</b>	Umed, rareori uscat	Piscine, rezervoare. Elemente de beton expuse la ape industriale care conțin cloruri
<b>XD3</b>	Alternativ umed și uscat	Elemente de pod, ziduri de sprijin, expuse la stropire cu apă care conțin cloruri. Șosele. Dale de parcaje pentru staționare vehicule

## Clase de expunere în funcție de condițiile de mediu, conform NE 012-1:2007

Notare clasă	Descriere mediu înconjurător	Exemple informative care prezintă alegerea claselor de expunere
<b>4. Coroziune indusă de cloruri prezente în apa de mare</b>		
<b>XS1</b>	Expus la aer vehiculând sare marină dar fără contact direct cu apa de mare	Structuri pe sau în apropierea litoralului (agresivitatea atmosferică marină acționează asupra construcțiilor din beton, beton armat pe o distanță de circa 5 km de țărm).
<b>XS2</b>	Imersat în permanență	Elemente de structuri marine.
<b>XS3</b>	Zone de amaraj, zone supuse la stropire sau la brumă	Elemente de structuri marine.
<b>5. Atac din îngheț-dezgheț cu sau fără agenți de dezghețare</b>		
<b>XF1</b>	Saturație moderată cu apă fără agenți de dezghețare	Suprafețe verticale ale betonului expuse la ploaie și la îngheț.
<b>XF2</b>	Saturație moderată cu apă, cu agenți de dezghețare	Suprafețe verticale ale betonului din lucrări rutiere expuse la îngheț și curenților de aer ce vehiculează agenți de dezghețare.
<b>XF3</b>	Saturație puternică cu apă, fără agenți de dezghețare	Suprafețe orizontale ale betonului expuse la ploaie și la îngheț.
<b>XF4</b>	Saturație puternică cu apă, cu agenți de dezghețare sau apă de mare	Șosele și tabliere de pod expuse la agenți de dezghețare. Suprafețele verticale ale betonului expuse la îngheț și supuse direct stropirii cu agenți de dezghețare. Zonele structurilor marine expuse la îngheț și supuse stropirii cu agenți de dezghețare.

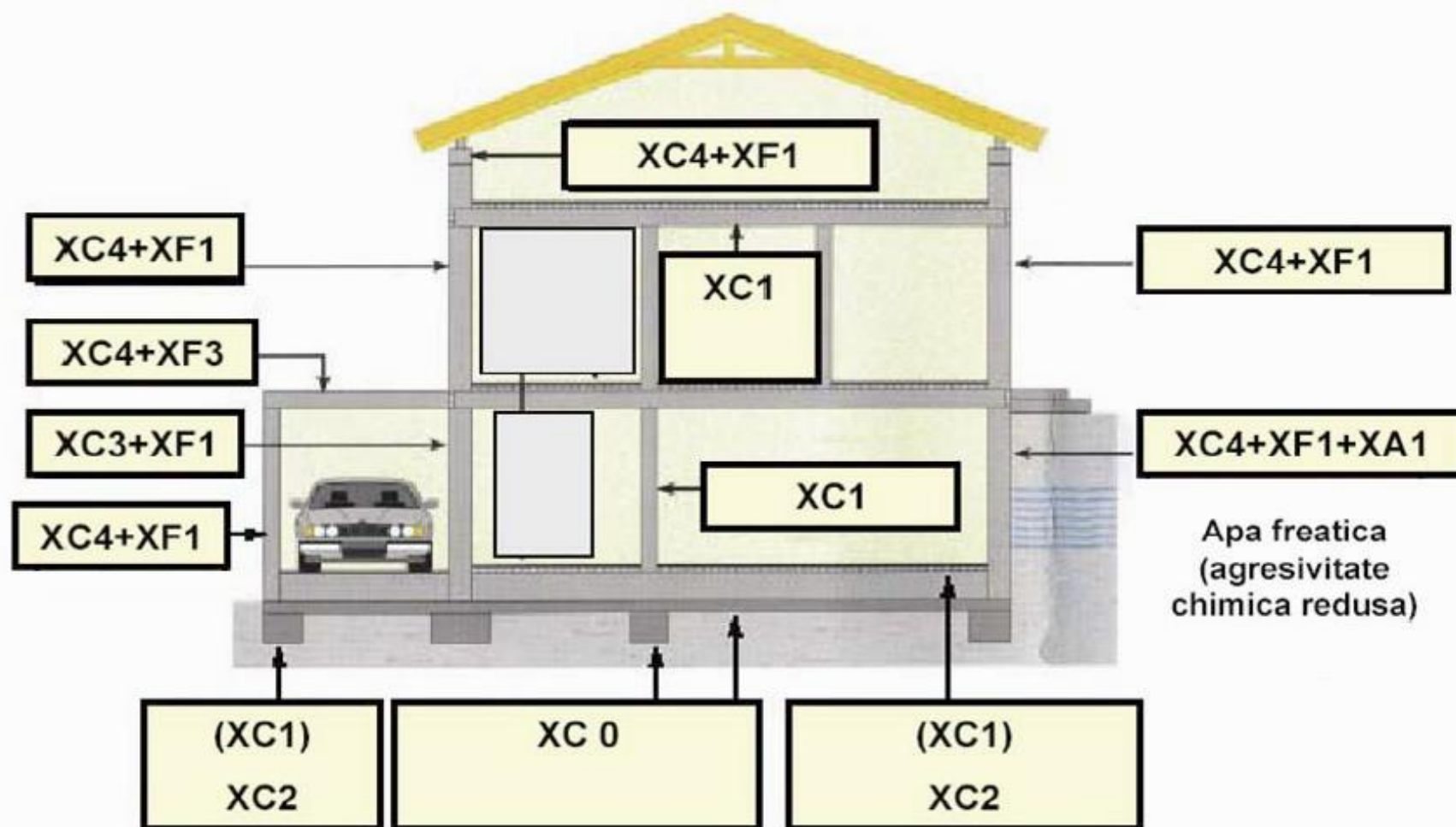


## Clase de expunere în funcție de condițiile de mediu, conform NE 012-1:2007

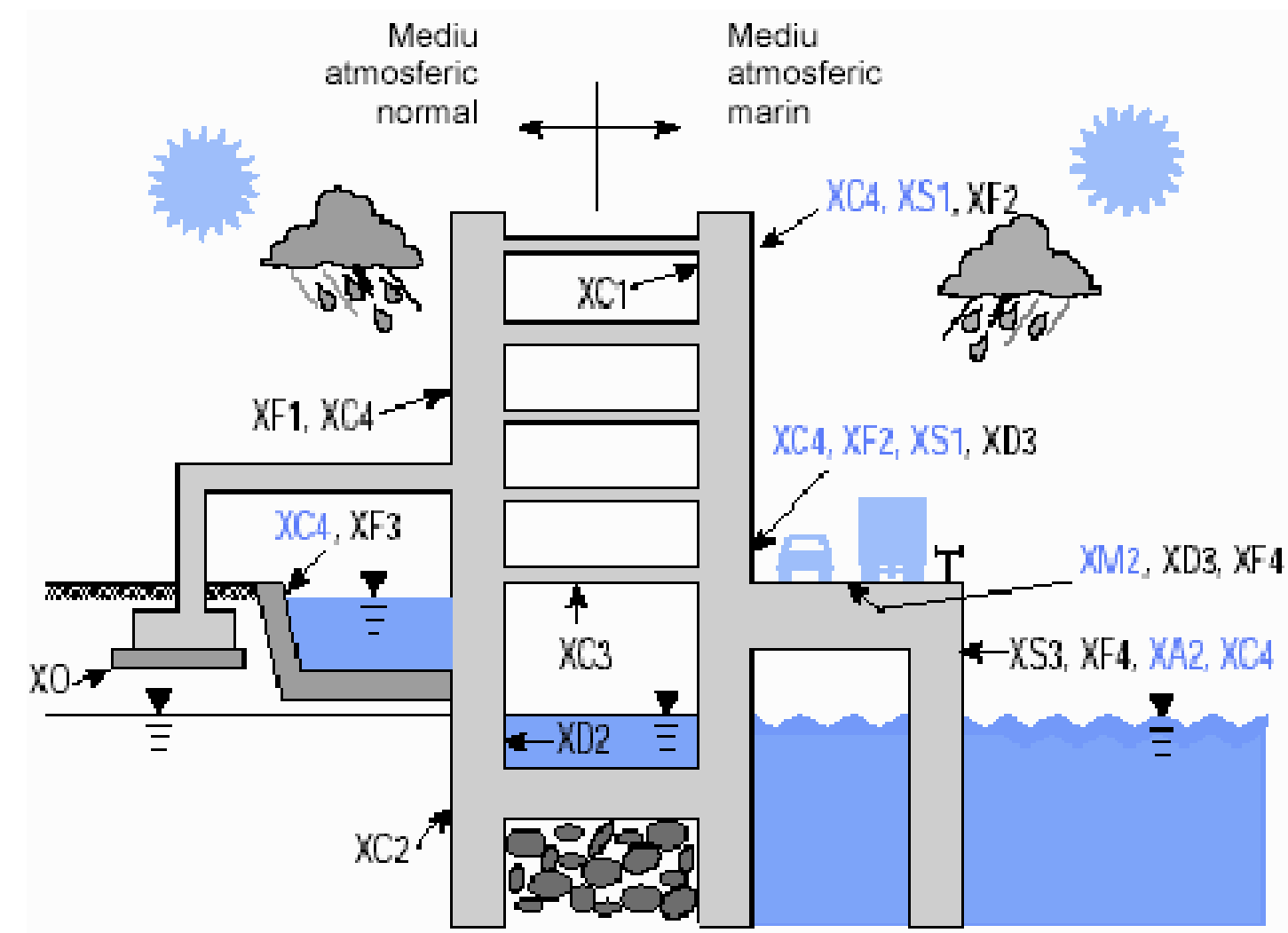
Notare clasă	Descriere mediu înconjurător	Exemple informative care prezintă alegerea claselor de expunere
<b>6. Atacuri chimice (din soluri naturale, ape de suprafață și ape subterane)</b>		
<b>XA1</b>	Mediu înconjurător cu agresivitate chimică slabă	Soluri naturale și apă în sol
<b>XA2</b>	Mediu înconjurător cu agresivitate chimică moderată	Soluri naturale și apă în sol
<b>XA3</b>	Mediu înconjurător cu agresivitate chimică intensă	Soluri naturale și apă în sol
<b>7. Solicitarea mecanică a betonului prin uzură (betonul este supus unor solicitări mecanice care produc uzura acestuia)</b>		
<b>XM1</b>	Solicitare moderată de uzură	Elemente din incinte industriale supuse la circulația vehiculelor echipate cu anvelope
<b>XM2</b>	Solicitare intensă de uzură	Elemente din incinte industriale supuse la circulația stivuitoarelor echipate cu anvelope sau bandaje de cauciuc
<b>XM3</b>	Solicitare foarte intensă de uzură	Elemente din incinte industriale supuse la circulația stivuitoarelor echipate cu bandaje de elastomeri / metalice sau mașini cu șenile

*Obs: pentru mai multe detalii vezi SR EN 1992-1-1:2004, NE 012-1:2007*

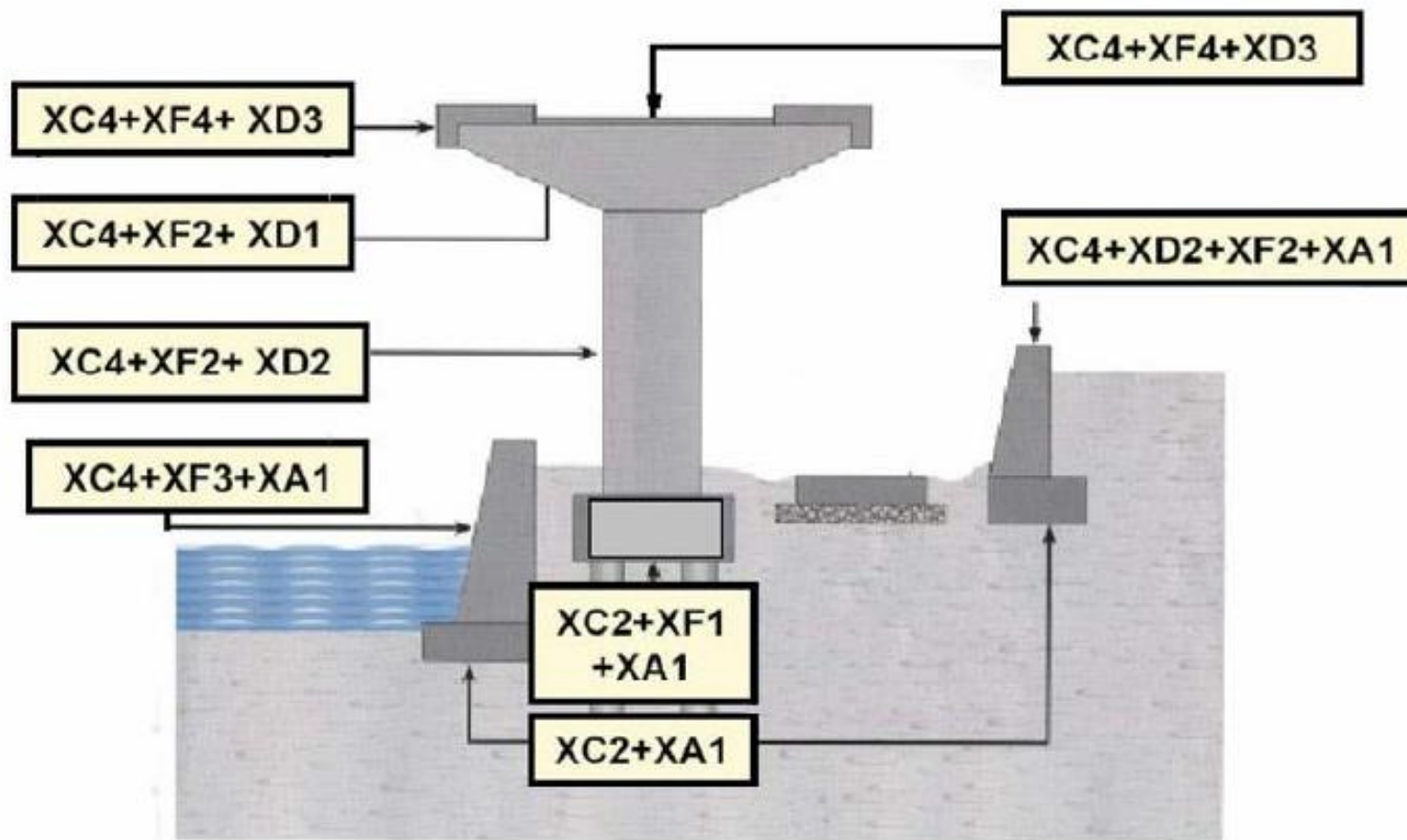
Condiții de mediu → suprapunerea efectelor



Condiții de mediu → suprapunerea efectelor



Condiții de mediu → suprapunerea efectelor



**Acoperirea cu beton** este distanța între suprafața armăturii (incluzând etrierii sau agrafele) până la suprafața betonului.

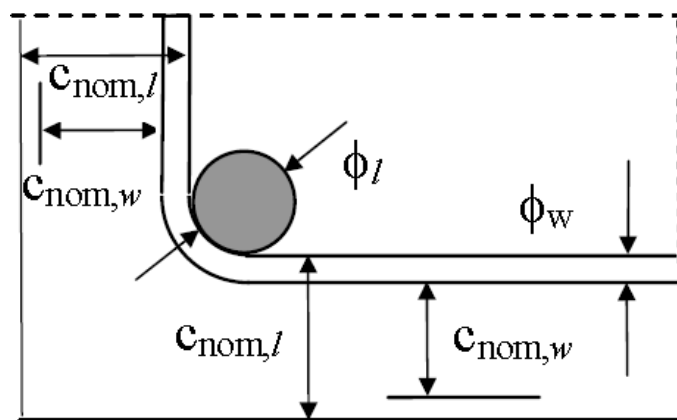
Acoperirea cu beton asigură:

- transmiterea forțelor de aderență de la armătură la beton
- protecția oțelului împotriva coroziunii
- protecția la foc (nu se tratează aici)

Valoarea nominală a acoperirii:

$$c_{nom} = c_{min} + \Delta c_{dev}$$

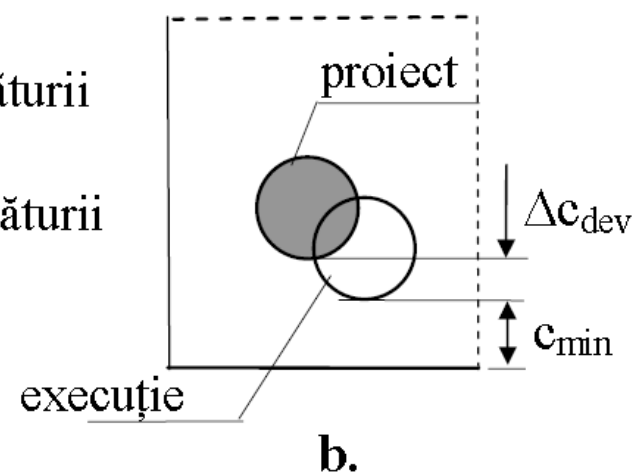
Această valoare trebuie specificată pe desene!!!



$\phi_l$  – diametrul armăturii longitudinale

$\phi_w$  – diametrul armăturii transversale

$$a. \quad c_{nom,l} \geq c_{nom,w} + \phi_w$$



**Acoperirea cu beton** este distanța între suprafața armăturii (incluzând etrierii sau agrafele) până la suprafața betonului.

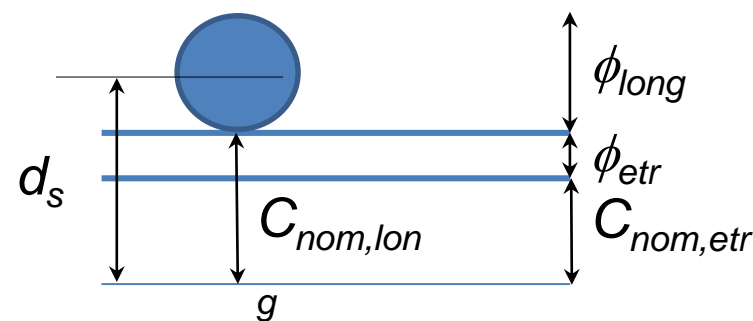
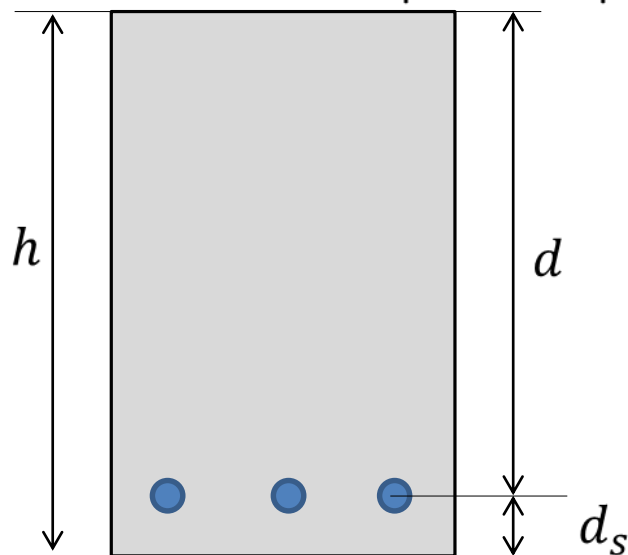
Acoperirea cu beton asigură:

- transmiterea forțelor de aderență de la armătură la beton
- protecția oțelului împotriva coroziunii
- protecția la foc (nu se tratează aici)

Valoarea nominală a acoperirii:

$$c_{nom} = c_{min} + \Delta c_{dev}$$

Această valoare trebuie specificată pe desene!!!



## Acoperirea minimă

$$c_{min} = \max \{c_{min,b}; c_{min,dur} + \Delta c_{dur,\gamma} - \Delta c_{dur,st} - \Delta c_{dur,add}; 10 \text{ mm}\}$$

$$c_{min} = \max \left\{ \underbrace{c_{min,b}}_{\text{aderență}}; \underbrace{c_{min,dur}}_{\text{durabilitate}}; 10 \text{ mm} \right\}$$

- $c_{min,b}$  - este acoperirea minimă de beton din condiții de aderență
- $c_{min,dur}$  - acoperirea minimă de beton din *condiții de mediu* (A.N.)
- $\Delta c_{dur,\gamma}$  - coef. de siguranță adițională (în general =0) (A.N.)
- $\Delta c_{dur,st}$  - reducerea acoperirii de beton în cazul oțelului inoxidabil (A.N.)
- $\Delta c_{dur,add}$  - reducerea acoperirii de beton în cazul protecției suplimentare (A.N.)

- $\Delta c_{dev}$  = 5 mm plăci monolite (A.N.)
- = 10 mm restul elementelor (A.N.)

## Acoperirea minimă

$$c_{min,b} \geq \phi$$

$c_{min,dur}$  - funcție de clasa structurală

Clasa structurală	Clasa de expunere în funcție de condițiile de mediu						
	X0	XC1	XC2/XC3	XC4	XD1/XS1	XD2/XS2	XD3/XS3
S1	10	10	10	15	20	25	30
S2	10	10	15	20	25	30	35
S3	10	10	20	25	30	35	40
<b>S4</b>	<b>10</b>	<b>15</b>	<b>25</b>	<b>30</b>	<b>35</b>	<b>40</b>	<b>45</b>
S5	15	20	30	35	40	45	50
S6	20	25	35	40	45	50	55

(5) Acoperirea minimă a armăturilor pentru beton armat și a armăturilor de precomprimare într-un beton de masă volumică normală, care ține seama de clasele de expunere și de clasele structurale, este  $c_{min,dur}$ .

**NOTĂ - Clasele structurale și valorile  $c_{min,dur}$  utilizate într-o țară dată pot fi furnizate în anexa națională. Clasa Structurală recomandată (durata de utilizare din proiect egală cu 50 de ani) este clasa S4, pentru rezistențele, cu titlu de indicație, ale betonului indicate în anexa E, tabelul 4.3N prezintă modificările clasei structurale recomandate. Clasa Structurală minimă recomandată este clasa S1.**



## Modificarea clasei structurale recomandate

Criteriu	Clasa de expunere în funcție de condițiile de mediu						
	X0	XC1	XC2/XC3	XC4	XD1	XD2/XS1	XD3/XS2/ XS3
Durata de utilizare din proiect de 100 ani	majorare cu 2 clase	majorare cu 2 clase	majorare cu 2 clase	majorare cu 2 clase	majorare cu 2 clase	majorare cu 2 clase	majorare cu 2 clase
Clasa de rezistență	> C30/37	> C30/37	> C35/45	> C40/50	> C40/50	> C40/50	> C45/55
	micșorare cu 1 clasă	micșorare cu 1 clasă	micșorare cu 1 clasă	micșorare cu 1 clasă	micșorare cu 1 clasă	micșorare cu 1 clasă	micșorare cu 1 clasă
<b>Element asimilabil unei plăci</b> (poziția armăturilor neafectată de procesul de construcție)	micșorare cu 1 clasă	micșorare cu 1 clasă	micșorare cu 1 clasă	micșorare cu 1 clasă	micșorare cu 1 clasă	micșorare cu 1 clasă	micșorare cu 1 clasă
<b>Control special al calității de producție a betonului</b>	micșorare cu 1 clasă	micșorare cu 1 clasă	micșorare cu 1 clasă	micșorare cu 1 clasă	micșorare cu 1 clasă	micșorare cu 1 clasă	micșorare cu 1 clasă

Alegerea clasei de rezistență a cimentului funcție de clasa de rezistență proiectată a betonului

CLASA BETONULUI	CLASA CIMENTULUI		
	32,5	42,5	52,5
<b>C8/10</b>	X		
<b>C12/15</b>	X		
<b>C16/20</b>	X	X	
<b>C20/25</b>	X	X	
<b>C25/30</b>	X	X	X
<b>C 30/37</b>		X	X
<b>C35/45</b>		X	X
<b>C40/50</b>			X
<b>C45/55</b>			X
<b>C50/60</b>			X
<b>C 55/67</b>			X
<b>C70/85</b>			X
<b>C 80/95</b>			X
<b>C90/105</b>			X
<b>C100/115</b>			X

Recomandări de utilizare a cimenturilor pentru turnarea betonului pe timp friguros și  
călduros

Recomandări de utilizare a cimenturilor pentru turnarea betonului pe timp friguros (<5°C)

Clasa de rezistență a cimentului	CEM I	CEM II A	CEM II B	CEM III A
32,5 N sau R		Recomandabil	Puțin recomandabil	Puțin recomandabil
42,5 N sau R	Foarte recomandabil	Recomandabil	Recomandabil	
52,5 N sau R	Foarte recomandabil			

Recomandări de utilizare a cimenturilor pentru turnarea betonului pe timp călduros (>25°C)

Clasa de rezistență a cimentului	CEM I	CEM II A	CEM II B	CEM III A
32,5 N sau R		Recomandabil	Foarte recomandabil	Foarte recomandabil
42,5 N sau R	Puțin recomandabil	Recomandabil	Recomandabil	
52,5 N sau R	Puțin recomandabil			

*Obs: La alegerea tipurilor de cimenturi în afară de temperatura de punere în operă se vor verifica și tipurile de aplicații și condițiile de expunere*

## Caracteristici ale unor tipuri de cimenturi (informativ, conform NE 012-1:2007 )

Tip ciment	Sensibilitatea la frig	Degajare de căldură	Utilizare preferențială	Contraindicații	Observații particulare
<b>CEM I 52,5R</b>	Insensibil	Ridicată	Elemente monolite si prefabricate Beton are pe timp friguros	Betoane masive, mortare, șape	Destinat în special elementelor prefabricate; Pe timp călduros se vor lua masuri speciale
<b>CEM I 42,5 R</b>	Insensibil	Ridicată	Elemente monolite si prefabricate Betonare pe timp friguros	Betoane masive, mortare, șape	Destinat în special elementelor prefabricate: Pe timp călduros se vor lua masuri speciale
<b>I A 52,5c</b>	Insensibil	Ridicată	Elemente prefabricate	Betoane masive	Destinat în special elementelor prefabricate
<b>SR I</b>	Insensibil	Redusă	Betoane rezistente la sulfați		
<b>CD 40</b>	Insensibil	Redusă	Betoane de drumuri		
<b>CEM II A-S 32,5 N sau R</b>	Puțin sensibil	Redusă	Beton, beton armat		
<b>CEM II A-S 42,5 N sau R</b>	Puțin sensibil	Medie	Beton, beton armat		
<b>HII AS</b>	Puțin sensibil	Redusă	Betoane masive		
<b>CEM II B 32,5 N sau R</b>	Sensibil	Redusă	Beton, beton armat		Necesită o tratare prelungită
<b>CEM II B 42,5 N sau R</b>	Sensibil	Redusă	Beton, beton armat		Necesită o tratare prelungită
<b>CEM III A 32,5R</b>	Foarte sensibil	Redusă	Beton, beton armat Betonare pe timp călduros	Betonare pe timp friguros	Necesită o tratare prelungită

## Domenii de utilizare pentru cimenturi conform NE 012-1:2007

Tip ciment			Nici un risc	Coroziune indusă prin carbonatare					Coroziune datorată clorurilor					Atac îngheț-dezghet				Atac chimic			Atac mecanic		
									Cloruri din alte surse decât apa de mare			Coruri din apa de mare											
				X0	XC1	XC2	XC3	XC4	XD1	XD2	XD3	XS1	XS2	XS3	XF1	XF2	XF3	XF4	XA1	XA2	XA3	XM1	XM2
CEM II	A / B	S	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
	H II A	S	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
	A	V	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	○	X	○	X	X	X	X	X	X
	B	V	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	○	○	○	X	X	X	X	X	X
	A	LL	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
	B		X	X	X	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○
	A	L	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	○	○	○	○	X	X	X	X	X
	B		X	X	X	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○
	A	M	vezi CEM II M A																				
	B	M	vezi CEM II M B																				
CEM III	A	-	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	
CEM II	M	S-D; S-T S-LL; D-T D-LL; T-LL	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
		A	S-P; S-V; D-P; D-V; P-V; P-T; P-LL; V-T; V-LL	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	○	X	○	X	X	X	X	X
	B	S-D; S-T; D-T	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
		S-P; D-P; P-T	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	○	X	○	X	X	X	X	X	X
		S-V; D-V; P-V; V-T	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	○	○	○	X	X	X	X	X	X
		S-LL; D-LL; P-LL; V-LL; T-LL	X	X	X	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○
CEM I		X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	
SR I		X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	
CD 40		X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	
I A 52,5c		X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	

## Consistența betonului

Vebe	Tasare	Compactitate	Răspândire	Proprietate	Utilizare
<b>V 0</b>	-	-	-	<b>foarte vârtos</b>	Betoane masive, nearmate sau slab armate. Conținut scăzut de ciment, contracție redusă. Se vibrează foarte greu.
<b>V 1</b>	<b>S 1</b>	<b>C 0</b>	<b>F 1</b>	<b>vârtos</b>	Betoane nearmate sau slab armate. Pt compactare se vibrează.
<b>V 2</b>	<b>S 2</b>	<b>C 1</b>	<b>F 2</b>	<b>slab plastic</b>	Pompabil, pt elemente cu armare nu foarte deasă. Pt compactare se vibrează.
<b>V 3</b>	<b>S 3</b>	<b>C 2</b>	<b>F 3</b>	<b>plastic</b>	Pompabil, pt elemente cu armare deasă. Compactare cu vibrare ușoară. Conținut mare de ciment, contracții mari.
<b>V 4</b>	<b>S 4</b>	<b>C 3</b>	<b>F 4</b>	<b>fluid</b>	Pt elemente cu armare deasă, zvelte, cu acesibilitate redusă sau sub apă. Nu necesită compactare. Foarte ușor pompabil. Contracții semnificative.
-	<b>S 5</b>	-	-	<b>foarte fluid</b>	Structuri cu suprafețe mari, turnat cu jgheab. Contracții foarte mari (betoane autocompactante).

Exemplu de notație completă a unui beton

C20/25 – S3 – CEM II/A-S 32.5R – 0...16

CLASA DE EXPUNERE      XC2+XF1

$c_{\text{nom}} = 30 \text{ mm}$

Valorile limită pentru compoziția și proprietățile betonului pentru clasele de expunere

	Nici un risc de coroziune sau atac chimic	Coroziune indusă prin carbonatare				Coroziune datorată clorurilor					
						Cloruri din alte surse decât apa de mare			Cloruri din apa de mare		
						X0	XC1	XC2	XC3	XC4	XD1
Raport maxim apă/ciment	-	0.65	0.60	0.60	0.50	0.55	0.50	0.45	0.55	0.50	0.45
Clasa minimă de rezistență	C8/10	C16/20	C16/20	C20/25	C25/30	C30/37	C35/45	C35/45	C30/37	C35/45	C35/45
Dozaj minim de ciment (kg/m <sup>3</sup> )	-	260	260	280	300	300	320	320	300	320	320
Conținut minim de aer antrenat (%)	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Alte condiții	-	-	-	-	-	-	recomandabil cimenturile cu căldură redușă de hidratare		-	recomandabil cimenturile cu căldură redușă de hidratare	

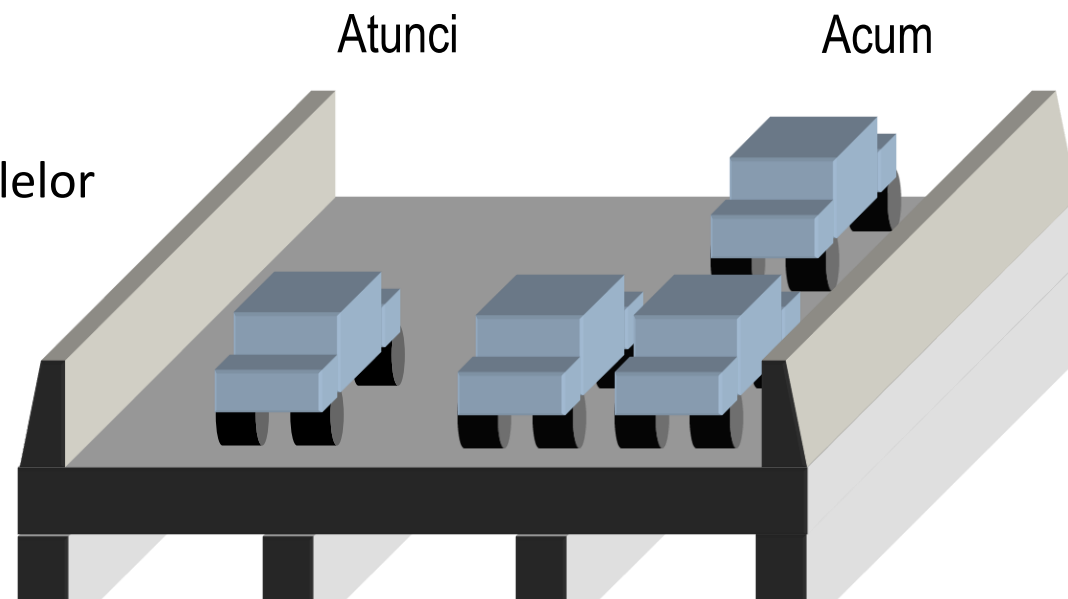


Valorile limită pentru compoziția și proprietățile betonului pentru clasele de expunere

	Atac îngheț-dezghet						Atac chimic			Atac mecanic	
	XF1	XF2		XF3		XF4	XA1	XA2	XA3	XM1	XM2
Raport maxim apă/ciment	0.50	0.55	0.50	0.55	0.50	0,50	0.55	0.50	0.45	0.55	0.55
Clasa minimă de rezistență	C25/30	C25/30	C35/45	C25/30	C35/45	C30/37	C25/30	C35/45	C35/45	C30/37	C30/37
Dozaj minim de ciment (kg/m <sup>3</sup> )	300	300	320	300	320	340	300	320	360	300	300
Conținut minim de aer antrenat (%)	-	cu aer antrenat	-	cu aer antrenat	-	cu aer antrenat	-	-	-	-	-
Alte condiții	Agregate rezistente la îngheț - dezghet					in zonele marine cu cimenturi rezistente la acțiunea apei de mare		Ciment rezistent la sulfați			Tratarea suprafeței betonului

## 2) Necesitatea consolidării (îmbunătățirii)

- Cerințe noi pentru structurile existente (norme/coduri)
- Greșeli de execuție sau de proiectare
- Cerințe noi a beneficiarului / Reconstrucții / Extinderi
- Accidente / Evenimente
- Deteriorarea structurilor/materialelor existente



(Prof. Björn Täljsten)

## Accidente: 1989 - Loma Prieta Earthquake



### 3) Cerințele structurii reparate și procedeul de reparare

**Întreținerea, repararea și consolidarea**, respectiv **evaluarea** acestora, trebuie să se bazeze pe o serie de **cerințe**, în primul rând definite de **societate**, de **proprietarul și utilizatorul** structurii.

Cerințele care se consideră la evaluare se pot împărți în 2 tipuri:

**1) Cerințe de funcționalitate a structurii** după întreținere, reparare și consolidare. Este definit de cerințe de siguranță, de societate, de exploatare, dar și alți factori de utilizare.

**2) Cerințe referitoare la procedura** de întreținere, reparare și consolidare privind impactul asupra **mediului** și riscurile asupra **sănătății** în timpul execuției lucrărilor. Se mai adaugă de asemenea și **perturbările** sub forma de **întreruperi în trafic, zgomot**, etc.

## 4) Date referitoare la structura veche, metoda și materialul pentru întreținere, reparare și consolidare

**Baza evaluării** sunt datele disponibile despre:

- **materialele de reparație** (proprietăți mecanice, compoziție, durabilitate, permeabilitate, etc.)
- **date** despre structura veche

→ **determinarea/analiza interacțiunii** a betonului vechi și a materialelor de reparație pe termen scurt și pe termen lung.

→ **Evaluare metodei și materialului** pentru întreținere, reparare și consolidare se bazează pe existența unor metode corecte/bune pentru a obține date.

Date adiționale necesare pentru evaluare:

- **Costurile** diferitelor activități implicate în reparații
- **Efecte** asupra mediului a materialelor de reparații utilizate

## 5) Existența teoriilor pentru analiza interacțiunilor între întreținere/reparație/consolidare și structură

**Evaluarea se bazează** pe existența unor teorii bune (corecte) pentru analiza interacțiunilor (pe termen scurt sau lung) între betonul existent și materialele de reparare. Astfel, o evaluare nu se poate baza numai pe o analiză a materialului de reparații în sine, ci trebuie să se bazeze pe o **înțelegere a interacțiunii**.

Acest lucru este deosebit de important pentru analiza **duratei de viață și stabilității structurale**.

## Pașii de evaluare

1. Selectarea unui **principiu** potrivit de întreținere, reparare și consolidare, relevante pentru structura actuală, degradarea actuală și cerințele actuale
2. Selectarea unei **metode/sistem** potrivit de întreținere, reparare și consolidare pe baza principiului ales
3. Selectarea unor **materiale** potrivite de întreținere, reparare și consolidare pentru utilizarea în **metoda aleasă**, sau selectarea unui **proces potrivit** aleasă pentru problema actuală

## Parametrii de evaluare

Odată ce a fost identificată metoda sau sistemul cel mai potrivit de întreținere, reparare și consolidare, este important să se admită că **există mai multe variante** în aceeași metodă

În primul rând **metoda/sistemul de întreținere**, reparare și consolidare **se evaluează** cu privire la următoarele 5 parametri de bază:

- 1.Stabilitatea și siguranța structurală
- 2.Durata de viață și durabilitate
- 3.Execuția lucrărilor
- 4.Efecte asupra mediului
- 5.Economie și cost



# Diferite niveluri de evaluare

Evaluarea metodei sau materialului de întreținere, reparare și consolidare se poate face pe 3 niveluri diferite:

**Nivelul 1: Soluțiile aprobate/acceptate/agreate**

**Nivelul 2: Evaluare calitativă**

**Nivelul 3: Evaluare cantitativă**

## Nivelul 1: Soluțiile aprobate/acceptate/agreate

Procedura cea mai simplă este să se bazeze pe experiența din reparațiile executate anterior, selectând metode de reparații și materiale care s-au dovedit deja suficient de bune în trecut.

Ex:

- au oferit o durată de viață lungă structurii reparate
- simplu de executat
- costuri reduse
- impact redus asupra mediului

Metoda este **defensivă**, deoarece aceasta va conserva tehnicile vechi.

⇒ Materiale de reparații și principiile noi nu pot fi evaluate în acest fel → ar putea fi efectiv împiedicate utilizarea lor.

## Nivelul 2: Evaluare calitativă

Pe baza experienței de la reparațiile anterioare și pe raționamente "semi-cantitativ" și/sau calitative, un inginer cu experiență, în multe cazuri, ar putea face o evaluare bună a unui sistem de reparare și a unui material de reparare pentru o situație dată.

Pe baza rezultatelor de teste a materialelor ce vor fi utilizate, combinate cu unele calcule elementare, se poate evalua efectul asupra stabilității structurale imediat după reparație.

Utilizând analize simplificate, se pot face anumite socoteli privind comportarea structurii reparate, adică referitoare la durata de viață.

Dezavantajul nivelului 2 de evaluare este similar cu cea a nivelului 1, adică metodele noi de reparare ar putea fi oprite din cauza lipsei de informații fiabile.

## Nivelul 3: Evaluare cantitativă

Nivelurile de evaluare 1 și 2 sunt potrivite pentru evaluările a **lucrărilor** de execuție, **economice**, **impactul asupra mediului** și a altor cerințe cu caracter **non-tehnic**. Aceste tipuri de evaluare însă **nu dau informații cantitative reale** privind modificările viitoare a proprietăților fundamentale a structurii reparate, cum ar fi **stabilitatea și limita de serviciu a structurii**. Astfel, ele nu pot fi folosite pentru o evaluare mai precisă a duratei de viață a structurii.

În ultimele decenii pentru structuri noi au fost **dezvoltate metode pentru calculul/proiectarea duratei de viață**. Aceste principii se pot folosi de asemenea și pentru calculul duratei de viață a structurilor reparate.

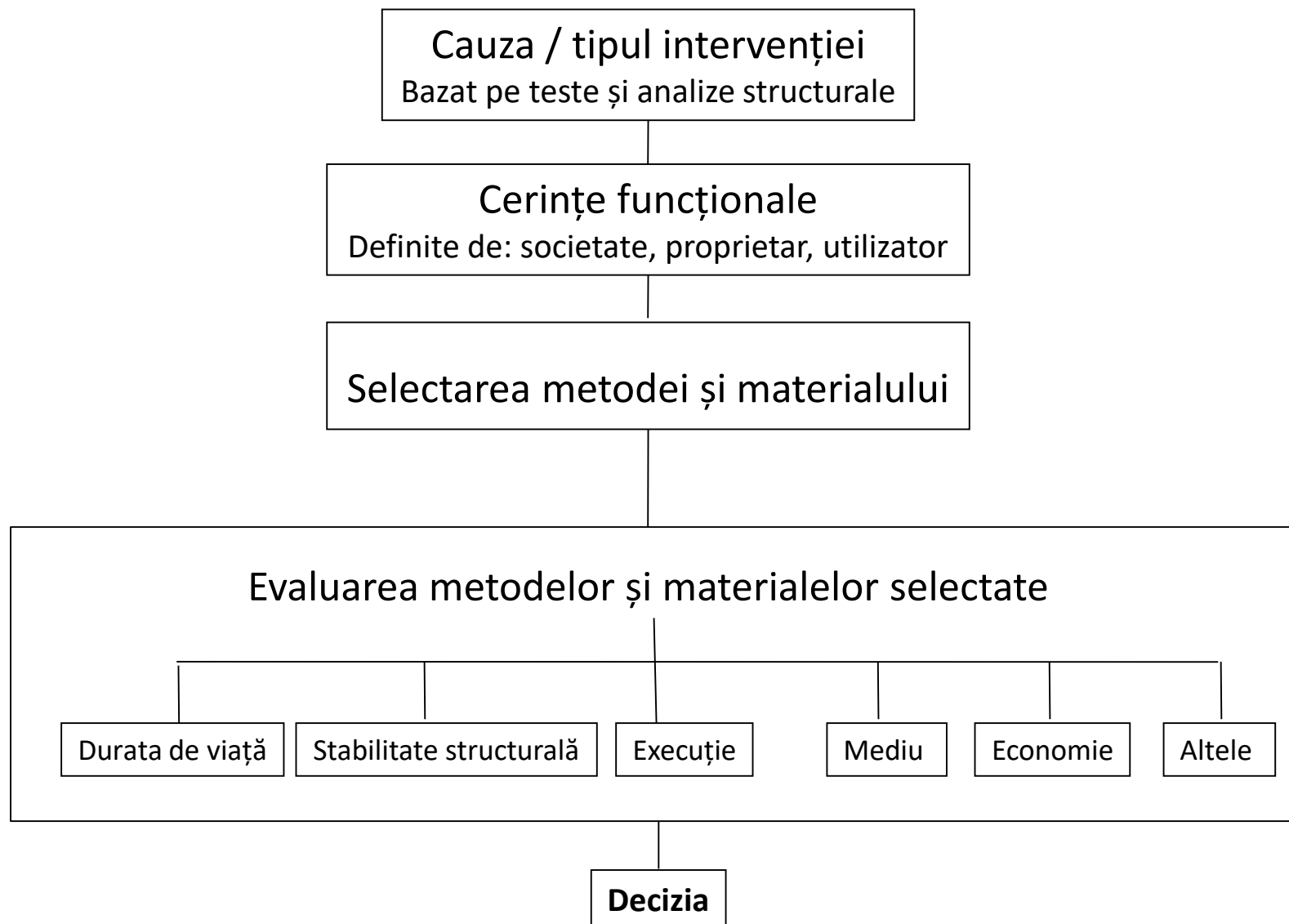
## Nivelul 3: Evaluare cantitativă

**Date de intrare** în aceste tipuri de calcule sunt:

- Date despre **materiale**, valabile la momentul reparării pentru materialele de reparare, **betonul structural original** și **interfața** dintre aceștia. Pentru a obține aceste date sunt necesare **metode de testare**.
- **Teorii pentru calcularea interacțiunii structurale** între materialul de reparare și betonul structural original. Ar putea fi valabile diferite teorii pentru diferite tipuri de sisteme de reparare și diferite tipuri de elemente structurale (grindă, stâlp, placă, elemente pretensionate, etc)
- **Teorii pentru calculul schimbărilor ulterioare** a proprietăților materiale, determinând capacitatea structurală și limita de serviciu a structurii reparate. În primul rând rezistența și rigiditatea betonului, eroziunea secțiunii transversale a betonului și rata de coroziune a armăturii.

*Astfel de teorii se bazează pe cunoașterea proceselor distructive. Metode de testare sunt necesare pentru determinarea proprietăților de deteriorare a structurii reparate.*

# Evaluarea metodei de întreținere, reparare și consolidare



Ce putem face să crească  $R$  și să scadă  $S$   
↓ ↓  
(capacitatea) (solicitare)

- Parametri reali ale materialelor**, după ce au fost afectați de procesul de deteriorare
- Încărcări permanente
- Încărcări statice
- Încărcări mobile și dinamice
- Calitatea soluției de proiectare și a detaliilor
- Rigiditățile articulațiilor, condiții de rezemare, modul de încărcare, condiții de încărcare, etc.

În mod normal se investighează **capacitatea portantă**. Dacă aceasta nu este suficientă, atunci se investighează și **partea de încărcări**.

## Care sunt motivele evaluării

- Au fost găsite **degradări ale structurii**, fisuri, exfolieri, deformații mari, decolorări, scurgeri, etc.
- Greșeli** (presupuse) de proiectare sau de execuție
- Degradări locale datorită încărcărilor** accidentale, impacte, tasări, etc.
- Schimbări** de destinație
- Cerințe noi** de încărcări (ex. schimbarea normativelor)



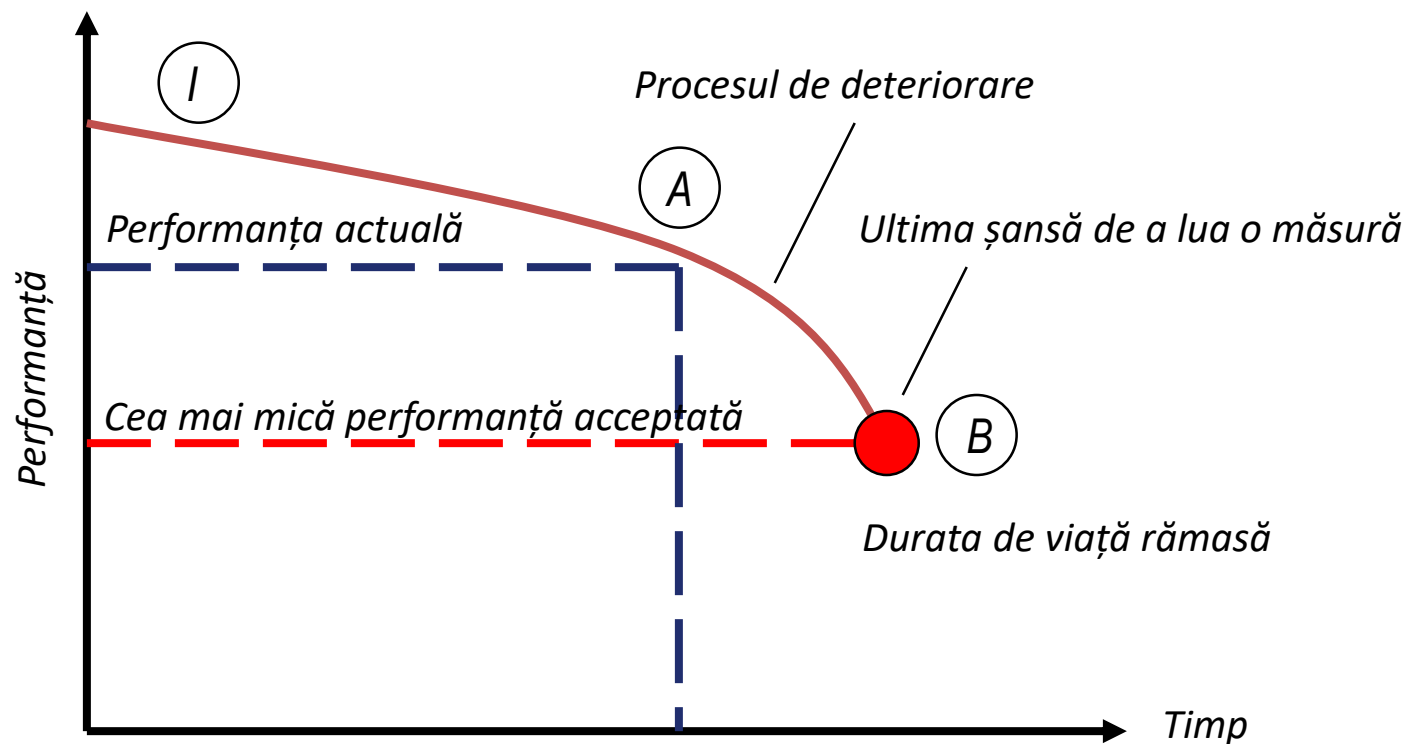
## Procesul de deteriorare

-Trebuie decis care este **procesul de deteriorare dominantă**, fiindcă metoda/sistemul de întreținere, reparare și consolidare **poate afecta performanța în mod negativ**, dacă alegerea s-a făcut dintr-un proces asumat incorect.

Medii diferite

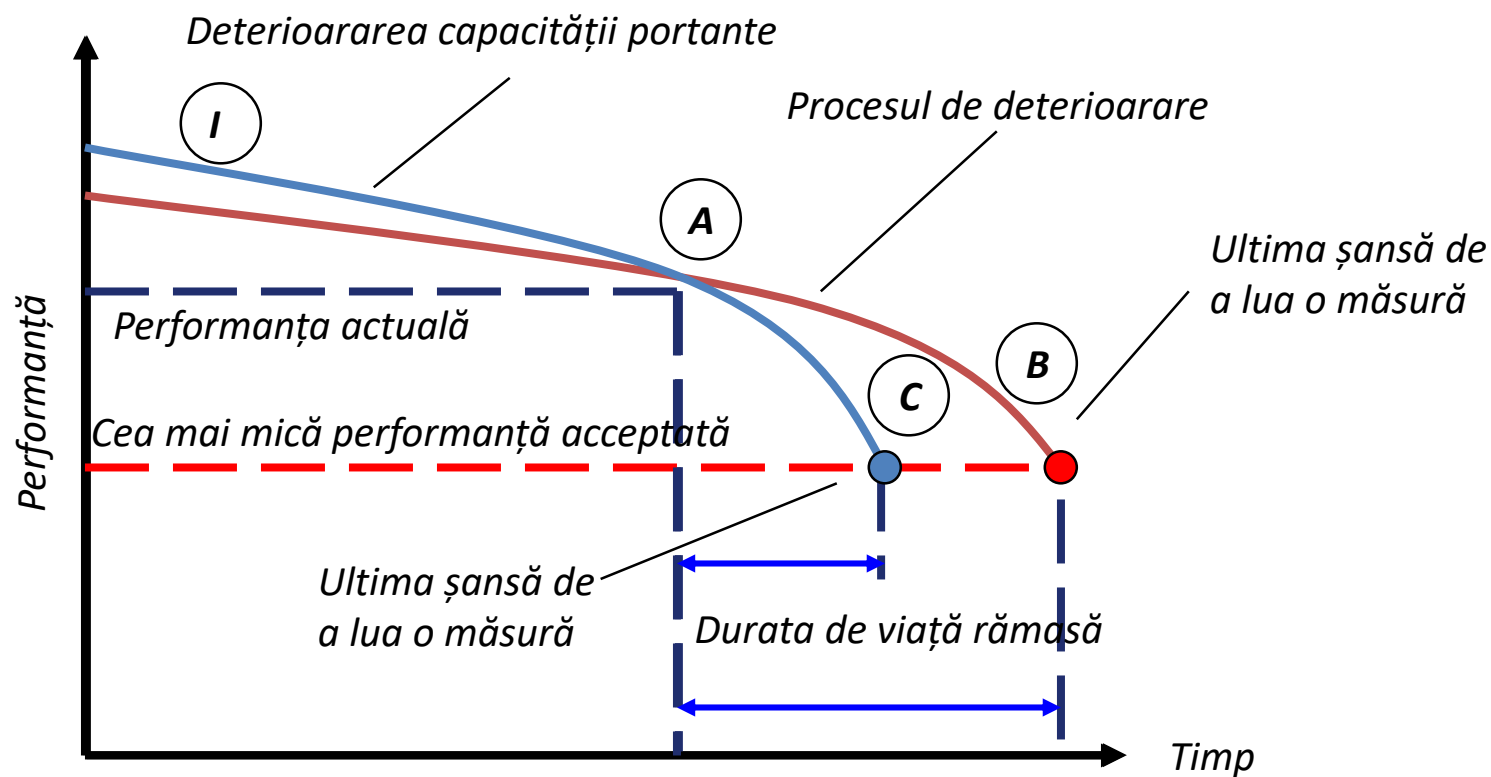


## Procesul de deteriorare în general



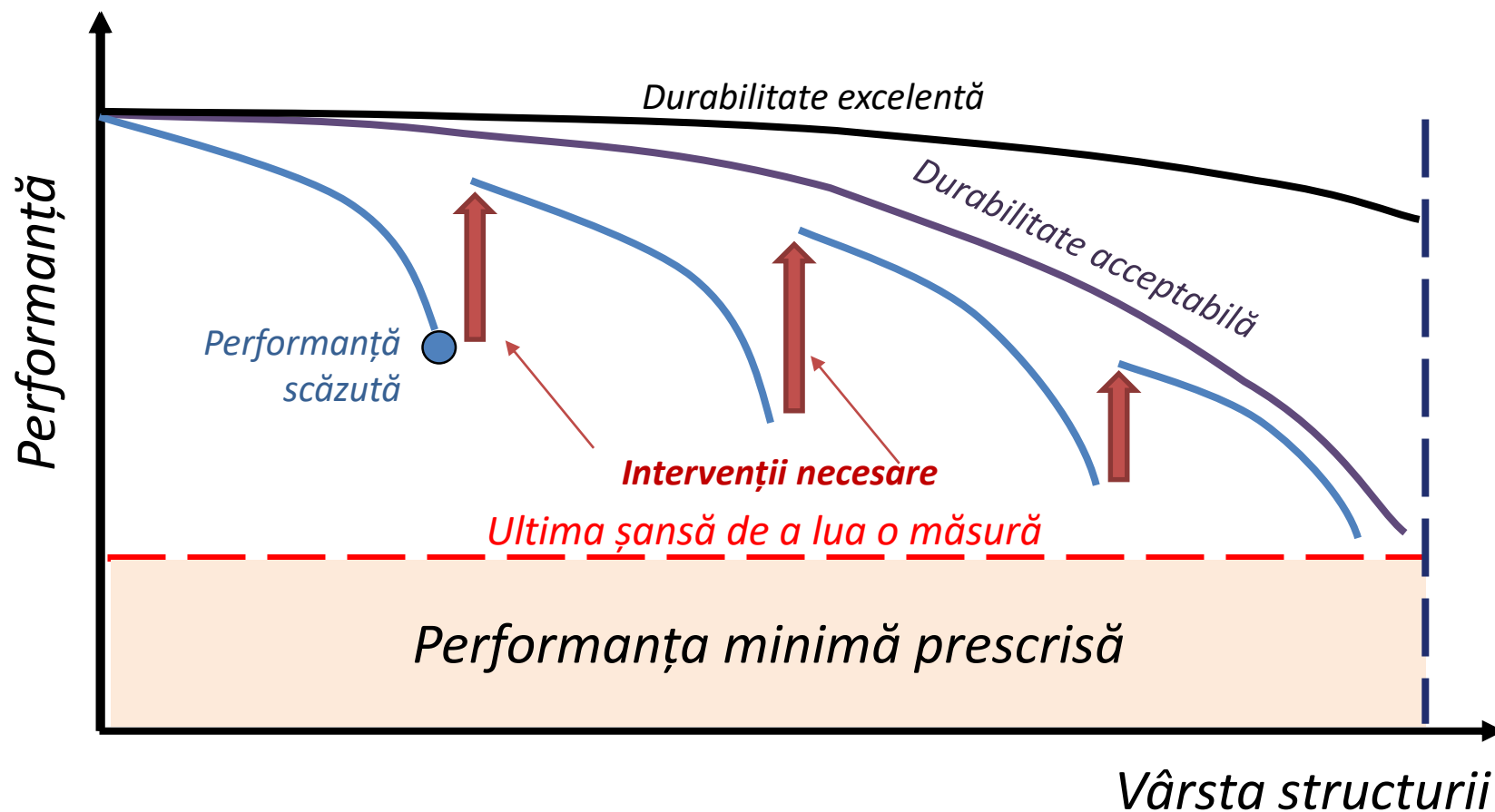
(Prof. Björn Täljsten)

# Deteriorarea afectează capacitatea portantă

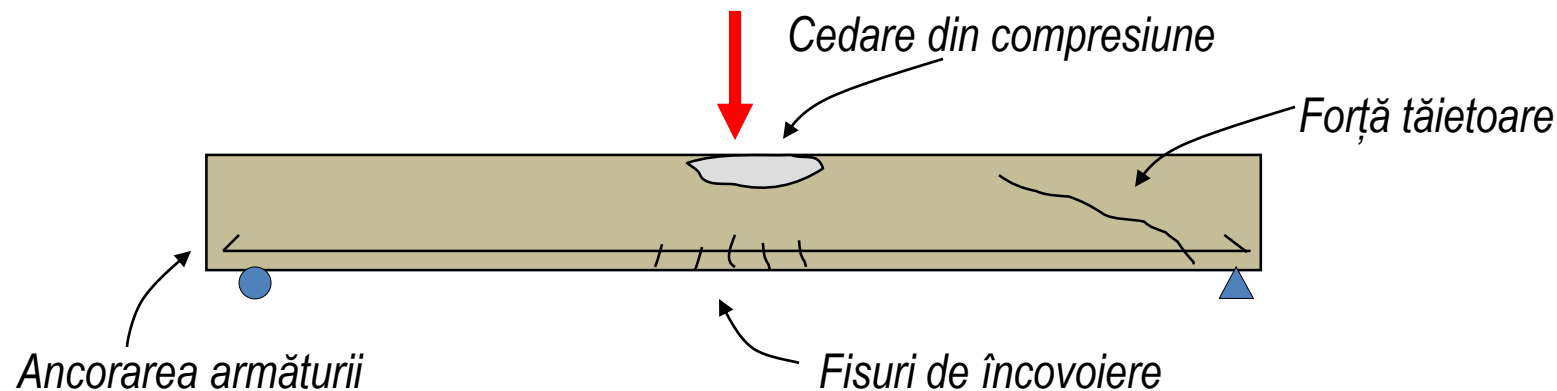


(Prof. Björn Täljsten)

# Deteriorarea afectează capacitatea portantă



# Deteriorarea afectează capacitatea portantă

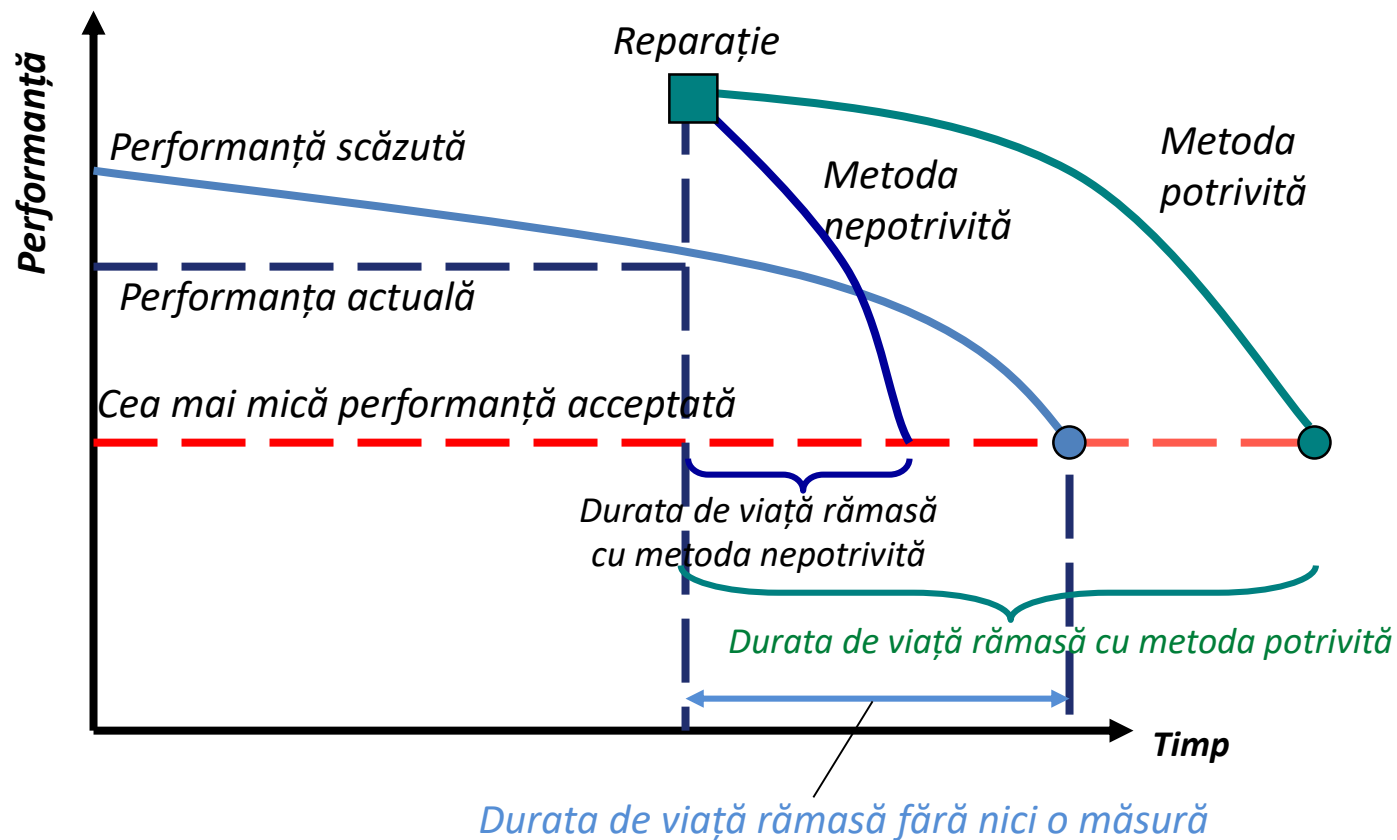


Același proces de deteriorare afectează părți diferite a structurii!

→ trebuie luate măsuri acolo unde procesul de deteriorare este cel mai sever, în raport cu capacitatea portantă

(Prof. Björn Täljsten)

# Importanța alegerii metodei/procesului potrivit



(Prof. Björn Täljsten)

În mod normal proprietarul vrea să știe dacă:

- **Structura este sigură** și utilizabil chiar acum
- Această **situație se va menține ?** și pentru **cât timp ?**
- Ce măsuri se recomandă?
  - în ceea ce privește **nevoile viitoare** estimate
  - în ceea ce privește **funcționalitatea, costul și întreținerea**

*(Prof. Björn Täljsten)*

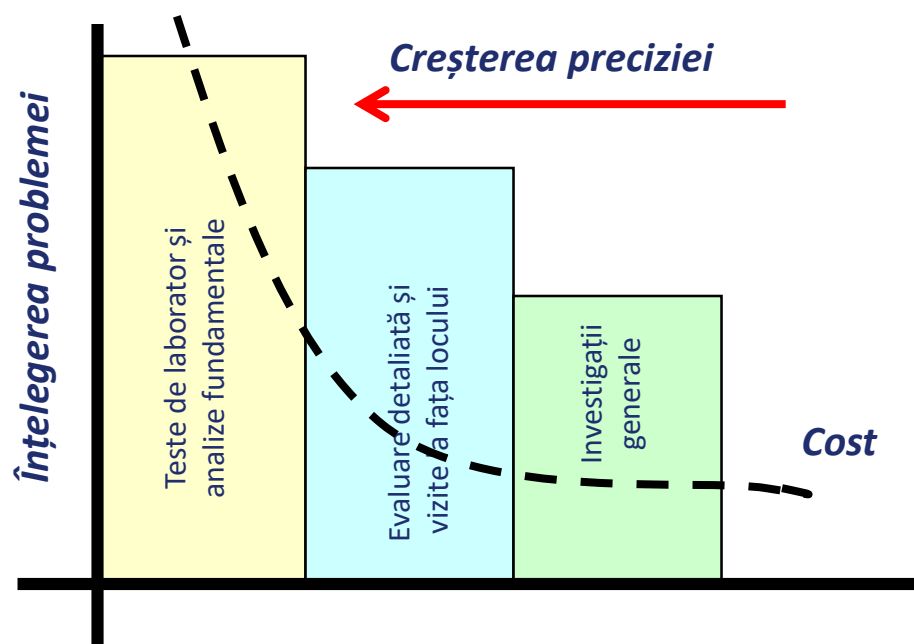
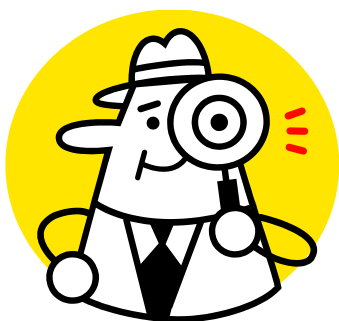
## Cerințe

Rezultatul și timpul la care se face o evaluare, în afară de dorința clienților, depind de:

- Tipul structurii
- Mărimea
- Locația
- Funcționalitatea
- Posibilitățile și dorințele de a menține structura în utilizare
- Documente depuse, desene vechi, calcule și istorie



# Metodologia de evaluare



(Prof. Björn Täljsten)

## Dificultăți

- Lipse**sc documentele vechi, desenele și calculele
- Acces limitat pentru inspecții**
- Distanță lungă la obiect = **puține vizite/o vizită/fără vizite**

→ În astfel de circumstanțe o **abordare conservatoare** ar trebui să fie luată, în ceea ce privește evaluarea!

## Concluzii

- Deseori este **complicat de a repara** sau a consolida structurile existente din beton
- Capacitatea** portantă trebuie să fie întotdeauna **mai mare** decât **efectele** din încărcări → siguranță
- Seriozitate** la degradări
- Metode de **evaluare**
- Metode pentru **întreținere, reparare și consolidare**
- Totul se deteriorează, e doar o chestiune de timp
- Să nu agravăm problema!**
- Dacă există incertitudine, **să fim restrictivi**

**Contactați un specialist !!!**

*(Prof. Björn Täljsten)*

STUDIU DE CAZ





**Dr.ing. NAGY-GYÖRGY Tamás**

*Profesor*

**E-mail:**

[tamas.nagy-gyorgy@upt.ro](mailto:tamas.nagy-gyorgy@upt.ro)

**Tel:**

+40 256 403 935

**Web:**

<http://www.ct.upt.ro/users/TamasNagyGyorgy/index.htm>

**Birou:**

A219