ANEXĂ

Normativ privind

EVALUAREA STĂRII DE SIGURANŢĂ A DIGURILOR DE APĂRARE ÎMPOTRIVA INUNDAŢIILOR, indicativ NP 131-2011

CUPRINS

Cap.1. Obiectul normativului

Cap.2. Domeniul de aplicare

Cap.3. Definiţii şi terminologie

Cap.4. Stabilirea categoriei de importanţă
4.1. Categoria de importanţă a unui dig
4.2. Procedura de stabilire a categoriei de importanţă

Cap.5. Metodologia de evaluare a siguranţei
5.1. Etapele evaluării siguranţei
5.2. Datele necesare pentru evaluarea stării de siguranţă
5.3. Stabilirea indicelui de siguranţă
5.4. Evaluarea siguranţei digului

Cap.6. Obţinerea datelor privind starea tehnică a digului
6.1. Organizarea sistemului de urmărire a comportării în timp
6.2. Inspecţia tehnică a digului

Cap.7. Indicele de siguranţă şi evaluarea riscului

Cap.8. Referinţe tehnice şi legislative
8.1. Corelarea cu actele normative din domeniul siguranţei digurilor, aplicabile, în vigoare
8.2. Referinţe legislative şi tehnice

ANEXE
I. Exemplu de aplicare a recomandărilor normativului
II. Lucrări de întreţinere a digurilor pentru menţinerea exigenţelor de siguranţă
III. Mecanismele de cedare a digurilor
IV. Recomandări referitoare la punerea în siguranţă a digurilor

Cap.1. Obiectul normativului

(1) Normativul stabileşte procedurile pentru cuantificarea şi evaluarea stării de siguranţă a digurilor de apărare împotriva inundaţiilor precum şi a modului de îndeplinire a exigenţelor de siguranţă.
În cadrul normativului:

a) se definesc categoriile de importanţă a digurilor şi metoda de stabilire a categoriei de importanţă a unui dig;

b) se indică metodologia de cuantificare şi evaluare a stării de siguranţă pentru digurile de apărare împotriva inundaţiilor;

c) se stabilesc căile prin care se pot obţine datele privind starea tehnică a digului, necesare evaluării siguranţei acestuia;

d) se defineşte indicele de siguranţă pentru un dig, precum şi etapele de determinare ale acestuia;

e) se evaluează riscul aferent unui dig de apărare împotriva inundaţiilor în funcţie de indicele de siguranţă, delimitând situaţiile de risc inacceptabil, mare, tolerabil şi acceptabil.

(2) Normativul serveşte la asigurarea unei abordări (principii, metode şi modele) unice a problemelor de siguranţă a digurilor.

Cap.2. Domeniul de aplicare

(1) Normativul se aplică la evaluarea stării de siguranţă a digurilor de apărare împotriva inundaţiilor, cu precădere a digurilor existente. Pentru digurile aflate în faza de proiectare normativul serveşte la stabilirea categoriei de importanţă şi la organizarea sistemului de urmărire a comportării în timp.

(2) Normativul se adresează proceselor de decizie inginerească în domeniul digurilor de apărare împotriva inundaţiilor prin furnizarea unei baze obiective şi corecte pentru luarea deciziilor.

(3) Normativul se aplică pentru a asigura o abordare unitară şi riguroasă în formă cantitativă a informaţiilor suplimentare obţinute în exploatare referitoare la condiţiile naturale şi comportarea digului, precum şi la depistarea unor mecanisme de rupere specifice liniei de apărare sau tronsonului din linia de apărare la care se referă evaluarea siguranţei.

(4) Aplicarea normativului va permite intervenţia autorităţilor pentru a determina deţinătorii de diguri să se încadreze cu lucrările administrate în limitele nivelului de siguranţă socialmente acceptat.

Cap.3. Definiţii şi terminologie

(1) ***Dig de apărare împotriva inundaţiilor***, denumit în continuare ***dig*** este o lucrare hidrotehnică dispusă de-a lungul unui curs de apă, malului unui lac sau ţărmului mării, cu scopul protejării împotriva inundaţiilor a unor localităţi, obiective social – economice sau terenuri.

(2) ***Taluzul exterior al digului*** este cel dinspre albia cursului de apă;

(3) ***Taluzul interior al*** **digului** este cel dinspre zona / incinta protejată.

(4) ***Siguranţa asociată unui dig*** este speranţa ca digul să se comporte conform aşteptărilor, respectiv să nu se producă cedarea (ruperea) sa în perioada în care este supus acţiunii apei.

(5) ***Indicele de siguranţă al unui dig*** este un indice numeric rezultat din suma punctajelor atribuite unor criterii definitorii privind importanţa digului, starea şi istoricul digului şi efectele sociale, economice şi de mediu produse de o eventuală cedare a digului.

(6) ***Lungimea digului supus evaluării stării de siguranţă*** este lungimea unei linii de apărare, atunci când structura şi starea digului care o compune sunt asemănătoare pe întreaga linie, sau lungimea unui tronson de dig dacă acesta este omogen din punct de vedere al structurii şi stării digului.

(7) ***Categoria de importanţă a unui dig*** este rezultatul unei clasificări bazate pe cuantificarea riscului, utilizându-se un sistem de criterii, indici şi notări, conform unei metodologii reglementate.

(8) ***Riscul asociat unui dig*** este o măsură a probabilităţii şi a severităţii unor efecte adverse asupra vieţilor omeneşti, a sănătăţii comunităţilor, a proprietăţilor şi a mediului, provocate de cedarea digului.

(9) ***Cedarea unui dig*** este definită ca fiind ruperea sau deplasarea unei părţi a corpului digului sau a fundaţiei sale care face ca digul să nu mai poată reţine apa şi ca urmare să se producă inundarea necontrolată a incintei apărate.

(10) ***Modul de cedare*** este modalitatea prezumtivă (ipotetică) prin care sistemul „dig – teren de fundare" îşi poate pierde funcţia pentru care a fost conceput (de reţinere a apei).

(11) ***Mecanismul de cedare*** este un proces fizic care materializează un anumit mod de cedare.

(12) ***Pagubele şi efectele produse de cedarea digurilor*** cuprind efectele sociale, economice şi de mediu rezultate din inundarea necontrolată a incintei apărate.

(13) ***Analiza riscului asociat unui dig*** constă în identificarea surselor de risc şi a posibilităţii ca acestea să conducă la cedare (scenariile şi mecanisnele prin care digul poate ceda).

(14) ***Evaluarea riscului*** constă în catalogarea riscului pe baza indicelui de siguranţă, ca fiind inacceptabil, mare, semnificativ sau neglijabil.

(15) ***Starea tehnică a unui dig*** caracterizează integritatea structurii digului şi gradul de vulnerabilitate faţă de modurile de cedare posibile ale digului respectiv.

(16) ***Inspecţia tehnică a digului*** reprezintă activitatea de achiziţie pe teren a datelor care caracterizează starea tehnică a digului.

(17) ***Inspecţia tehnică specială*** este inspecţia realizată în perioadele de ape mari, când digul este pus sub sarcină, respectiv după trecerea apelor mari.

Cap.4. Stabilirea categoriei de importanţă

4.1. Categoria de importanţă a unui dig

(1) Categoria de importanţă a unui dig se referă şi caracterizează o linie de apărare, atunci când structura şi starea digului sunt asemănătoare pe întreaga linie, sau se referă şi caracterizează un tronson de dig dacă acesta este omogen din punct de vedere al structurii şi stării.

(2) Categoria de importanţă a digului rezultă dintr-o clasificare bazată pe cuantificarea riscului, utilizându-se un sistem de criterii, indici şi notări, conform metodologiei descrise în acest capitol.

(3) Digurile sau sectoarele de diguri ale unei linii de apărare sunt încadrate într-una dintre următoarele categorii de importanţă:

a) dig de importanţă excepţională – A;
b) dig de importanţă deosebită – B;
c) dig de importanţă normală – C;
d) dig de importanţă redusă – D.

(4) La stabilirea categoriei de importanţă a unui dig, deţinătorul, sau, după caz, experţii angajaţi de deţinător vor ţine seama de:
a) caracteristicile tehnice şi funcţionale ale digului;
b) starea digului;
c) efectele negative potenţiale ale cedării digului, inclusiv impactul social, economic şi de mediu.

4.2. Procedura de stabilire a categoriei de importanţă

(1) Stabilirea categoriei de importanţă se face pe baza unui punctaj rezultat din suma punctajelor atribuite unor criterii parţiale care corespund elementelor precizate la punctul 4.1 (4).

(2) Criteriile parţiale şi punctajele aferente sunt sintetizate în tabelul 4.2.

(3) Pagubele şi efectele în incintele şi zonele afectate de inundaţie la ruperea sau deversarea digului se stabilesc utilizând rezultatele calculelor hidraulice din care rezultă nivelurile apei şi ariile inundate.

(4) Stabilirea categoriei de importanţă a digurilor se face conform tabelului 4.1.

(5) Stabilirea categoriei de pagube şi efecte se face pe baza criteriilor specificate la punctul 4.2 (6), folosind cuantificarea din tabelul 4.3.

Tabelul 4.1

Categorii de importanţă ale digurilor

Importanţa	**Categoria**	**Nr. total puncte din tabelul 4.2**
Excepţională	A	81 - 100
Deosebită	B	61 - 80
Normală	C	41 - 60
Redusă	D	20 - 40

Tabelul 4.2

*Stabilirea categoriei de importanţă a digului**

CRITERIUL		Grupa 1		2		3		4		5	
		Definiţie	**Pct.**	**Definiţie**	**Pct.**	**Definiţie**	**Pct.**	**Definiţie**	**Pct.**	**Definiţie**	**Pct.**
Caracteristici ale digului	**Înălţime dig H** (m)	H ≥ 15	**10**	10 ≤ H < 15	**8**	5 ≤ H < 10	**6**	1 ≤ H < 5	**4**	H < 1m	**2**
	Lungimea liniei de apărare L (km)	L ≥ 5	**10**	3 ≤ L < 5	**8**	2 ≤ L < 3	**6**	0,5 ≤ L < 2	**4**	L < 0,5 Km	**2**
	Alcătuirea corpului digului	pământ fin, omogen, nedrenat neprotejat	**10**	pământ drenat neprotejat aval	**8**	pământ drenat protejat aval	**6**	anrocamente	**4**	beton	**2**
	Teren de fundare	aluviuni necoezive fine (nisip) sau coezive neconsolidate	**10**	aluviuni necoezive medii şi grosiere	**8**	rocă sedimentară alterată (gresii, marne)	**6**	rocă sedimentară sensibilă la înmuiere, nealterată	**4**	stâncă (rocă eruptivă, metamorfică sedimentară compactă	**2**
	Sistemul de etanşare dig şi fundaţie	fără	**10**	cu drenaj aval	**8**	cu sistem de etanşare corp dig şi drenaj aval	**6**	cu sisteme de etanşare corp dig şi fundaţie	**4**	cu sisteme de etanşare corp dig şi fundaţie şi drenaj aval	**2**
	Starea digului	cu tasări şi ravenări majore	**10**	cu tasări şi ravenări semnificative	**8**	cu tasări şi ravenări moderate	**6**	cu tasări şi ravenări minore	**4**	fără tasări şi ravenări	**2**
	Pagube şi efecte în incintă*	catastrofale	**40**	foarte mari	**32**	mari	**24**	moderate	**16**	neglijabile	**8**
TOTAL			**100**		**80**		**60**		**40**		**20**
Intervale de punctaj total			**81 - 100**		**61- 80**		**41- 60**		**20 - 40**		
Categoria de importanţă			**Excepţională – A**		**Deosebită – B**		**Normală – C**		**Redusă – D**		

* se reevaluează periodic, la schimbări ale caracteristicilor digului ca urmare a unor reparaţii sau modernizări, precum şi în urma recalculării pagubelor şi efectelor din incinta apărată

Tabelul 4.3

*Stabilirea categoriei de pagube potenţiale şi efecte asociate cedării digului***

CRITERIUL		Categoria (grupa) efectelor şi pagubelor (potenţiale)									
		1		2		3		4		5	
		Definiţie	**Pct.**	**Definiţie**	**Pct.**	**Definiţie**	**Pct.**	**Definiţie**	**Pct.**	**Definiţie**	**Pct.**
1.	**Efecte economice**										
	Valoarea refacerii lucrărilor (% din valoarea de investiţie)	V≥100	**10**	40≤V<100	**8**	13≤V<40	**6**	3≤V<13	**4**	V<3	**2**
	Obiective industriale (N-sute de angajaţi)	N≥50	**15**	10≤N<50	**12**	5≤N<10	**9**	0,5≤N<5	**6**	N<0,5	**3**
2.	**Efecte economico-sociale**										
	Număr total de locuitori în zona inundată (P - rezidenţi)	P>5000	**15**	1000≤P< 5000	**12**	50≤P< 1000	**9**	P<50	**6**	nelocuit	**3**
	Distrugeri drumuri, căi ferate, poduri, reţele	inter-naţionale	**10**	naţionale	**8**	judeţene	**6**	comunale	**4**	locale	**2**
	Distrugeri ale sistemelor de alimentare cu apă pt. populaţie	totale, cu scoaterea din funcţiune a sistemului de alimentare cu apă	**10**	avarii grave, cu repunerea în funcţiune a sistemului de alimentare cu apă	**8**	întreruperea temporară a alimentării cu apă	**6**	efecte minore, cu afectarea pe termen scurt a potabilităţii	**4**	fără efecte	**2**
3.	**Efecte asupra terenurilor şi mediului**										
	Suprafaţa terenurilor inundate (S - mii ha)	S≥10	**10**	4≤S<10	**8**	1≤S<4	**6**	0,25≤S<1	**4**	S<0,25	**2**
	Calitatea terenurilor inundate	culturi speciale, sere	**10**	agricol obiş-nuit	**8**	păşuni, fâneţe	**6**	pădure	**4**	neproductiv	**2**
	Poluări accidentale produse	grave, de lungă durată	**10**	grave, de scurtă durată	**8**	semnificative	**6**	minore	**4**	neglijabile	**2**
	Monumente importante inundate	patrimoniu UNESCO	**10**	valoare naţională	**8**	importanţă judeţeană	**6**	importanţă locală	**4**	nu există	**2**
TOTAL PUNCTE			**100**		**80**		**60**		**40**		**20**
Interval de puncte		**81 - 100**		**61 - 80**		**41 - 60**		**21 - 40**		**20**	
Categoria de efecte şi pagube		**catastrofale**		**foarte mari**		**mari**		**moderate**		**neglijabile**	

** se reevaluează la modificări ale condiţiilor din amplasament care determină efectele social – economice: număr populaţie, obiective industriale, căi de comunicaţie, sisteme de alimentări cu apă, etc.

(6) Evaluarea pagubelor şi efectelor în cazul ruperii sau deversării digurilor se face pe baza a 8 elemente şi criterii specifice şi anume:

Efecte economice:

a) Valoarea refacerii lucrărilor liniei de apărare distruse prin cedare (exprimată ca [%] din valoarea reparaţiei amenajării);

b) Obiective industriale sau agro-industriale afectate prin inundare (N – sute de angajaţi permanenţi).

Efecte economico-sociale:

a) Populaţia afectată, exprimată prin numărul de locuitori rezidenţi permanent în zona inundată (P – locuitori rezidenţi);

b) Distrugeri de drumuri, căi ferate, poduri şi reţele utilitare;

c) Distrugeri ale sistemelor de alimentare cu apă pentru populaţie.

Efecte asupra terenurilor şi mediului:

a) Suprafaţa terenurilor inundate (S – mii ha);

b) Calitatea terenurilor inundate;

c) Poluări accidentale produse;

d) Monumente (culturale, arheologice, istorice) distruse sau grav deteriorate.

Cap.5. Metodologia de evaluare a siguranţei

(1) Evaluarea siguranţei în exploatare a unui dig constituie o verificare a stării tehnice a lucrării, precum şi a condiţiilor de exploatare, urmărindu-se modul de îndeplinire a exigenţelor prevăzute de reglementările în vigoare şi de cele mai bune practici inginereşti din domeniu.

(2) Pentru evaluarea stării de siguranţă a digului sunt necesare stabilirea categoriei de importanţă a digului, caracterizarea stării tehnice a digului, cunoaşterea incidentelor anterioare şi a intervenţiilor constructive corective realizate pe perioada exploatării, aprecierea pagubelor şi efectelor colaterale produse de inundarea necontrolată a incintei apărate.

5.1. Etapele evaluării siguranţei

(1) Evaluarea siguranţei se realizează prin metode de investigare specifice şi cuprinde atât analiza informaţiilor existente (proiect, date privind execuţia, comportarea în exploatare, evenimente în execuţie şi/sau exploatare, etc), cât şi studii şi/sau postcalcule privind valorile actualizate ale parametrilor determinanţi pentru siguranţa în exploatare a digurilor.

(2) Evaluarea siguranţei digurilor cuprinde două etape:
a) etapa I – preliminară;
b) etapa a II-a – finală.

a) Etapa I are ca obiective:
i) caracterizarea stării tehnice a digului şi a condiţiilor de exploatare, rezultate din analiza informaţiilor şi documentaţiilor existente în momentul evaluării precum şi din constatările din inspecţia tehnică;
ii) stabilirea programului de investigaţii şi studii suplimentare necesare pentru finalizarea analizei stării de siguranţă.

b) Etapa a II-a are ca obiective:
i) formularea unor concluzii privind starea de siguranţă a digului, bazată pe analiza tuturor factorilor, inclusiv a investigaţiilor şi studiilor suplimentare;
ii) propunerea lucrărilor şi măsurilor necesare pentru aducerea parametrilor constructivi şi funcţionali la gradul de siguranţă în exploatare corespunzător cerinţelor rezultate din reglementările în vigoare;
iii) stabilirea condiţiilor de exploatare pentru o perioadă de timp determinată.

5.2. Datele necesare pentru evaluarea stării de siguranţă

(1) Caracterizarea tehnică a digului cuprinde date privind înălţimea digului, lungimea digului analizat (după caz, lungimea liniei de apărare sau a tronsonului din linia de apărare), alcătuirea corpului digului, sistemele de protecţie a taluzului exterior, sistemele de drenaj, dacă există, natura terenului de fundare, sistemele de etanşare, dacă există, distanţa dig – mal şi evoluţia în timp a albiei.

(2) Caracterizarea stării digului cuprinde informaţiile privind tasările la coronament, vegetaţia pe taluze, ravenările şi alunecările locale, existenţa craterelor de sufozie la piciorul taluzului interior, existenţa galeriilor de rozătoare, circulaţia pe dig.

(3) Inventarierea incidentelor anterioare şi a intervenţiilor constructive corective se referă la breşe şi/sau la deversarea taluzului interior cu eroziuni remanente şi la modul de închidere, în regim de urgenţă, sau bazat pe proiect şi execuţie cu control de calitate.

(4) Pentru stabilirea pagubelor şi a efectelor în incintele inundate ca urmare a cedării sunt necesare calcule hidraulice din care să rezulte nivelurile apei şi suprafeţele inundate.

(5) Datele necesare pentru aprecierea pagubelor şi a efectelor în incintele inundate cuprind numărul total de locuitori în zona inundată, valoarea construcţiilor afectate şi gradul de distrugere al acestora, valoarea refacerii lucrărilor de apărare, obiectivele industriale potenţial inundate şi numărul de angajaţi, distrugerile potenţiale de drumuri, căi ferate, poduri, reţele, sisteme de alimentare cu apă pentru populaţie, suprafaţa terenurilor inundate, calitatea terenurilor inundate, producerea unor poluări accidentale, prezenţa monumentelor potenţial inundate şi importanţa acestora, etc.

5.3. Stabilirea indicelui de siguranţă

(1) Evaluarea stării de siguranţă se face pe baza unui indice de siguranţă rezultat din punctajele atribuite unor criterii definitorii privind siguranţa.

(2) Criteriile utilizate la stabilirea indicelui de siguranţă sunt:
a) categoria de importanţă;
b) starea digului;
c) incidente anterioare şi intervenţii constructive;
d) pagubele şi efectele în incinta inundată prin cedarea digului.

5.4. Evaluarea siguranţei digului

(1) Evaluarea siguranţei digului se face pe baza valorii indicelui de siguranţă, care se explicitează în capitolul 7.

(2) În funcţie de valoarea indicelui de siguranţă, riscul asociat digului poate fi:
a) ***inacceptabil,*** necesitând refacerea sau consolidarea digului, intervenind asupra acelor aspecte care crează potenţial de cedare;
b) ***mare,*** necesitând măsuri de remediere;
c) ***semnificativ****,* dar tolerabil;
d) ***acceptabil.***

Cap.6. Obţinerea datelor privind starea tehnică a digului

(1) Datele privind starea tehnică a digului, necesare evaluării siguranţei acestuia, se obţin din rapoartele de sinteză referitoare la comportarea în timp a digului şi din inspecţia tehnică a digului realizată de întocmitorul documentaţiei de evaluare a siguranţei.

6.1. Organizarea sistemului de urmărire a comportării în timp

(1) Activitatea de urmărire a comportării în timp a digurilor se organizează, în conformitate cu prevederile legale, în vigoare, din domeniul siguranţei digulurilor, pe 3 niveluri:

a) *Nivelul I* cuprinde observaţiile directe, măsurătorile la sistemele prevăzute pentru urmărirea comportării în timp şi interpretarea primară a rezultatelor, realizate de personalul de exploatare a digulurilor având sarcini specifice.

b) *Nivelul II* cuprinde sinteza observaţiilor directe, a măsurătorilor şi a inspecţiilor tehnice periodice, precum şi interpretarea acestora din punctul de vedere al siguranţei lucrării, realizate, prin grija deţinătorului, de specialişti care întocmesc rapoarte sintetice.

c) *Nivelul III* cuprinde analiza şi avizarea rapoartelor de sinteză realizate de comisii de urmărire a comportării în timp a digurilor, organizate de deţinătorii acestora, fie de grupuri de specialişti constituite sub coordonarea şi cu avizul Comisiei Naţionale pentru Siguranţa Digurilor.

(2) Concluziile analizelor rapoartelor de sinteză ale comisiilor de urmărire a comportării în timp a digurilor se materializează prin decizii ale conducătorilor unităţilor respective şi devin obligatorii pentru deţinători.

6.2. Inspecţia tehnică a digului

(1) Inspecţia tehnică a digului se face la intervale stabilite prin regulamentul de exploatare şi, în mod obligatoriu, ca inspecţie specială, în perioadele de ape mari, când digul este pus sub sarcină şi după trecerea apelor mari.

(2) Inspecţia tehnică periodică, când digul nu este supus acţiunii directe a apei, urmăreşte:
a) regimul de precipitaţii, temperatura exterioară şi evoluţia lor în ultimele 4 săptămâni;
b) evenimente speciale semnalate anterior de către personalul de exploatare;
c) eroziuni ale zonei dig – mal cu avans spre piciorul taluzului exterior al digului;
d) starea protecţiei taluzului exterior;
e) denivelările la coronament, ca localizare şi mărime; în cazul unor denivelări marcante se va face, în mod obligatoriu, un nivelment al zonei pentru stabilirea cotelor coronamentului;
f) gradul de vegetare al taluzelor cu arbuşti sau puiet cu rădăcini adânci;
g) prezenţa muşuroaielor şi urmelor galeriilor rozătoarelor, care semnalează prezenţa căilor preferenţiale de infiltraţie;
h) crăpături sau instabilităţi locale ale taluzelor;
i) ravenări create de precipitaţii.

(3) Inspecţia tehnică în timpul viiturilor, când digul este supus încărcării hidraulice, urmăreşte:
a) nivelul apei la taluzul exterior şi ridicările locale produse de valuri şi deferlările valurilor;
b) starea protecţiei de la taluzul exterior în partea sa vizibilă;
c) cedări locale la coronament;
d) umectări ale taluzului interior;
e) localizarea de zone de infiltraţie, grifoane, prăbuşiri, alunecări locale în zonele umede.

(4) Dacă inspecţia tehnică din perioada viiturii pune în evidenţă situaţii critice, se vor dispune intervenţii în regim de urgenţă. Situaţiile de urgenţă şi măsurile imediate sunt prezentate în tabelul 6.1.

Tabelul 6.1

Definirea situaţiilor critice şi a măsurilor de intervenţie

Situaţia de urgenţă	Definire	Mecanismul de cedare	Intervenţii posibile în regim de urgenţă
Cratere active de sufozie	Curent de apă cu antrenare de material fin, apărând ca un izvor ascensional dintr-o depresiune (crater) formată în vecinătatea piciorului taluzului interior al digului	Cedare bruscă prin prăbuşirea cavernelor formate în fundaţie	(a) umplerea craterului cu material drenant aşezat pe un geotextil cu rol de filtru invers faţă de particulele antrenate; (b) realizarea unui inel perimetral craterului care să împiedice curgerea de material solid în afara craterului
Exfiltraţii emergente pe taluzul interior	Saturarea taluzului datorată infiltraţiilor excesive prin corpul digului sau/şi prin terenul de fundare	Alunecarea taluzului interior, regresiv de la piciorul acestuia	Realizarea unei berme la piciorul taluzului interior din material drenant până la o cotă care depăşeşte zona saturată
Eroziuni ale taluzului exterior create de curent sau de valuri	Afuieri ale taluzului exterior sau ale terenului de la piciorul acestuia	Crearea de caverne care pot evolua în cedări cu formare de breşe	Realizarea, prin aruncare de piatră, saci cu nisip sau blocuri a unei protecţii (rip-rap) provizorii
Deversare locală a coronamentului	Curgere peste dig pe zone unde coronamentul are tasări locale	Formarea de breşe prin antrenarea materialului din dig	Ridicarea cotei coronamentului cu saci cu nisip sau alte mijloace disponibile

(5) Inspecţia tehnică a digului după trecerea apelor mari urmăreşte:

a) tasările vizibile ale coronamentului;
b) urmele lăsate de apă pe taluzul exterior, inclusiv plutitorii rămaşi pe taluz;
c) deteriorările produse asupra protecţiei taluzului exterior;
d) surpările locale sau surplombele pe taluz create la retragerea apelor;
e) pâlniile de antrenare din apropierea digului, pe zona dig – mal;
f) zonele de exfiltraţie vizibile pe taluzul interior;
g) vulcanii de nisip apăruţi în aval de piciorul taluzului interior al digului;
h) alunecările locale ale taluzului interior în zonele umede.

(6) Obiectivele inspectate şi relaţia cu mecanismele de cedare potenţiale sunt prezentate în tabelul 6.2.

Tabelul 6.2

Obiectivele inspectate şi relaţia cu mecanismele de cedare potenţiale

Mecanismul de cedare potenţială	Obiective de inspectat	**Inspecţia vizuală post - viitură**		
		Taluzul exterior	Coronament	Taluzul interior
Eroziune externă prin deversare	Profilul longitudinal al digului	-	Tasări ale coronamentului	-
	Cota superioară a apei în perioada viiturii	Urme pe taluz lăsate de apă, plutitori, etc.	Locaţii şi semne ale deversării, date de plutitorii rămaşi, iarbă culcată, etc.	Eroziuni superficiale, vegetaţie culcată, etc.
	Deferlări	Distrugeri ale protecţiei anti-val	Zone afectate, starea coronamentului, spălarea protecţiei	-
	Garda	-	Urme ale apei ce a depăşit local coronamentul	-
Eroziunea taluzului exterior, afuieri, instabilităţi	Efectul curgerii în lungul digului	Starea taluzului, benzi de eroziune, deformaţii, instabilităţi locale	Crăpături, urme de eroziune la limita amonte	-
	Protecţia taluzului exterior	Crăpături, subspălări, dislocări	-	-
Eroziune internă	Urme de sufozie	Cratere, depresiuni marcante	-	Vulcani de nisip, izvorâri, “fierberea apei”
	Urme/galerii de rozătoare	-	Muşuroaie	Intrări în galerii protejate de vegetaţie, prelingeri de apă din orificii locale, etc.

(7) Lucrările auxiliare aferente digului, cum sunt rigolele colectoare, subtraversările, golirile echipate cu clapetă, etc fac obiectul unei inspecţii distincte, iar starea acestora se consemnează în corelare cu mecanismele de cedare pe care acestea le pot declanşa, cu precădere prin eroziune internă.

Cap.7. Indicele de siguranţă şi evaluarea riscului

(1) Indicele de siguranţă este un indice numeric rezultat din suma punctajelor atribuite unor criterii definitorii privind importanţa digului, starea şi istoricul digului şi efectele sociale, economice şi de mediu produse de o eventuală cedare a digului.

(2) Stabilirea indicelui de siguranţă se face pentru linii de apărare, atunci când structura şi starea digului este asemănătoare pe întreaga linie, sau pentru tronsoane ale unei linii de apărare atunci când acestea sunt omogene din punctul de vedere al structurii şi stării digului.

(3) Pentru stabilirea indicelui de siguranţă şi evaluarea riscului trebuie parcurse următoarele etape:

a) inspecţia tehnică a digului pe sectorul sau linia de apărare evaluate;
b) obţinerea datelor caracteristice ale digului:
(i) geometria – înălţime, lăţime la coronament, înclinarea taluzelor;
(ii) materialele din corpul digului şi structura internă a acestora;
c) obţinerea de date privind incidentele anterioare şi intervenţiile constructive;
d) efectuarea de calcule hidraulice privind zonele inundate prin ruperea digului.

(4) Criteriile şi punctajele aferente, din care rezultă, prin însumare, indicele de siguranţă sunt sintetizate în tabelul 7.1.

(5) Categoria de importanţă caracterizează global digul, importanţa sporită fiind un indicator al gravităţii consecinţelor în caz de cedare a liniei de apărare.

(6) Starea digului se referă la acele caracteristici care pot potenţa un anumit mecanism de cedare:

a) tasările coronamentului pot conduce la deversarea locală a digului, declanşând o cedare prin eroziune externă;

b) vegetaţia excesivă pe taluze, cu rădăcini adânci şi galeriile de rozătoare pot forma căi preferenţiale de infiltraţie când digul este pus sub sarcină, declanşând o cedare prin eroziune internă;

c) craterele de sufozie din aval de taluzul interior al digului sunt consecinţa unor antrenări de material din fundaţie pe căi preferenţiale, putând declanşa o cedare prin eroziune internă în terenul de fundare;

d) ravenările şi alunecările locale sunt consecinţa unor taluze local instabile şi pot conduce la o cedare prin alunecare a corpului digului atunci când este pus sub sarcină maximă;

e) circulaţia pe dig poate crea tasări locale, iniţiatoare ale unor deversări locale şi poate forma, de asemenea, prin compactare, bariere mai puţin permeabile în corpul digului, ridicând curba de depresie şi periclitând stabilitatea taluzului exterior al digului.

(7) Incidentele anterioare şi intervenţii constructive impuse de acestea sunt un indicator al vulnerabilităţii digului.

(8) Pagubele şi efectele sociale şi de mediu produse în cazul ruperii digului constituie, împreună cu probabilitatea de cedare, o măsură a mărimii riscului.

Tabelul 7.1

*Evaluarea indicelui de siguranţă pentru evaluarea riscului****

Criteriul		1		2		3		4	
		Definiţie	Pct	Definiţie	Pct	Definiţie	Pct	Definiţie	Pct
Categoria de importanţă		**A**	**20**	**B**	**15**	**C**	**10**	**D**	**5**
Starea digului	**- tasări la coronament**	> 1 m	**10**	0,6 ... 1 m	**7**	0.25 .... 0.5 m	**5**	minore	**1**
	- vegetaţie pe taluze	arbuşti şi buruieni pe > 50%	**5**	arbuşti şi buruieni pe > 25%	**3**	arbuşti sporadici	**1**	înierbare	**0**
	- ravenări şi alunecări locale	Frecvente	**10**	Relativ rare	**8**	Izolate	**4**	Fără	**0**
	- cratere de sufozie aval taluz interior	> 5 / tronson	**10**	2 / tronson	**6**	1 / tronson	**3**	Fără	**0**
	- galerii de rozătoare	> 2 / 10m	**5**	1 / 10 m	**3**	1/ 20 m	**1**	Fără	**0**
	- circulaţie pe dig	Intensă	**5**	Frecventă	**3**	Restricţionată	**1**	Necirculabil	**0**
Incidente anterioare şi intervenţii constructive		Breşe închise în regim de urgenţă	**15**	Breşe şi/sau eroziuni reparate pe bază de proiect cu control de calitate	**10**	Deversarea taluzului interior cu eroziuni sau alte incidente, remediate	**5**	Fără incidente	**0**
Pagube şi efecte în incintă		Catastrofale	**20**	Foarte mari	**15**	Mari	**10**	Moderate	**4**
INDICELE DE SIGURANŢĂ			**100**		**70**		**40**		**10**
Intervale ale indicelui de siguranţă		**71 .... 100**		**41 .... 70**		**11 .... 40**		**10**	
Evaluarea riscului		**Inacceptabil**		**Mare, necesită măsuri de remediere**		**Semnificativ, tolerabil**		**Acceptabil**	

*** se reevaluează periodic, în urma reconsiderării stării digului, constatată prin inspecţii tehnice periodice şi/sau speciale, asociate viiturilor, precum şi în urma recalculării pagubelor şi efectelor din incinta apărată

(9) Atunci când riscul este considerat inacceptabil, este necesar un proiect de refacere şi/sau consolidare a digului, intervenind asupra acelor aspecte care crează potenţial de cedare.

(10) Pentru intervenţii constructive care refac parametrii de bază ai digurilor aflate în exploatare în vederea punerii în siguranţă a acestora, este obligatoriu să se obţină de la autoritatea publică centrală din domeniul apelor acordul privind respectarea exigenţelor de performanţă referitoare la siguranţa digurilor, în temeiul Legii siguranţei digurilor.

Cap.8. Referinţe tehnice şi legislative

8.1. Corelarea cu actele normative din domeniul siguranţei digurilor, aplicabile, în vigoare

(1) Prezentul normativ este corelat cu prevederile Legii siguranţei digurilor nr. 259/2010, care stabileşte exigenţele de siguranţă obligatorii pentru toţi deţinătorii cu orice titlu ai digurilor.

(2) În funcţie de criteriile stabilite prin Metodologia de încadrare în categorii de importanţă a digurilor de apărare împotriva inundaţiilor, digurile sau sectoarelor de diguri se încadrează în una dintre următoarele categorii:

a) dig de importanţă excepţională – A;
b) dig de importanţă deosebită – B;
c) dig de importanţă normală – C;
d) dig de importanţă redusă – D.

(3) Evaluarea stării de siguranţă a digurilor de apărare împotriva inundaţiilor se realizează de către experţi atestaţi de autoritatea publică centrală din domeniul apelor în baza Procedurii elaborate de autoritatea publică centrală din domeniul apelor şi aprobate prin ordin al conducătorului acesteia.

8.2. Referinţe tehnice şi legislative

(1) Aplicarea prezentului normativ se face în corelare cu prevederile actelor normative din domeniile apelor, protecţiei mediului, construcţiilor, îmbunătăţilor funciare, precum şi cu reglementările tehnice specifice, aplicabile, în vigoare, după cum urmează:

Nr. crt.	Acte legislative	Publicaţia
1.	Legea siguranţei digurilor nr. 259/2010.	Monitorul Oficial al României, Partea I, nr. 857 din 21 decembrie 2010.
2.	Legea nr.10/1995 privind calitatea în construcţii, cu modificările ulterioare.	Monitorul Oficial al României, Partea I, nr. 12 din 24 ianuarie 1995.
3.	Hotărârea Guvernului nr. 766/1997 pentru aprobarea unor regulamente privind calitatea în construcţii, cu modificările şi completările ulterioare.	Monitorul Oficial al României, Partea I, nr. 352 din 10 decembrie 1997.

Referinţe tehnice:

1. HR Wallingford Ltd. *Report Number T04-06-01 - Failure Mechanisms for Flood Defence Structures.* FLOODsite of the European Community, Feb. 2007.
2. ICOLD. *Bulletin 93: Ageing of dams and appurtenant works - Review and recommendations*. Paris: ICOLD, 235 p, 1993.
3. ICOLD. *Bulletin 99: Dam failures - Statistical analysis*. Paris: ICOLD, 73 p, 1995.

ANEXA I

Exemplu de aplicare a recomandărilor normativului

Studiu de caz: digul Noianu – Chiscani, jud. Brăila

Digul Noianu – Chiscani este amplasat pe malul stâng al Dunării, între km. 181+400 (loc. Chiscani) şi km. 178+300 (loc. Vărsătura), jud. Brăila. Administratorul lucrării este Administraţia Naţională "Apele Române", Administraţia Bazinală de Apă Buzău – Ialomiţa, Sistemul de Gospodărire a Apelor Brăila.

Digul a fost realizat în perioada 1965...1970, având o secţiune clasică, trapezoidală, cu următoarele date caracteristice:

a) lungime la coronament: 3100 m;
b) lăţime la coronament: 4 m;
c) înălţime medie: 4 m;
d) pante taluze: 1:2.

Digul este realizat ca o structură omogenă, materialul din alcătuire fiind, în mare, similar celui din terenul de fundare: argile prăfoase de culoare brun-gălbuie, plastic consistente (plastic vârtoase). Singura protecţie a suprafeţei digului este realizată prin înierbare. Coronamentul este circulat cu restricţii.

Incinta apărată are o suprafaţă de cca 180 ha teren arabil, fără obiective industriale. Populaţia din zona apărată este reprezentată de cca 2000 familii (cca 7000 ... 8000 persoane). În conformitate cu prevederile Hotărârii Guvernului nr. 766/1997 pentru aprobarea unor regulamente privind calitatea în construcţii, cu modificările şi completările ulterioare, digul are categoria de importanţă C.

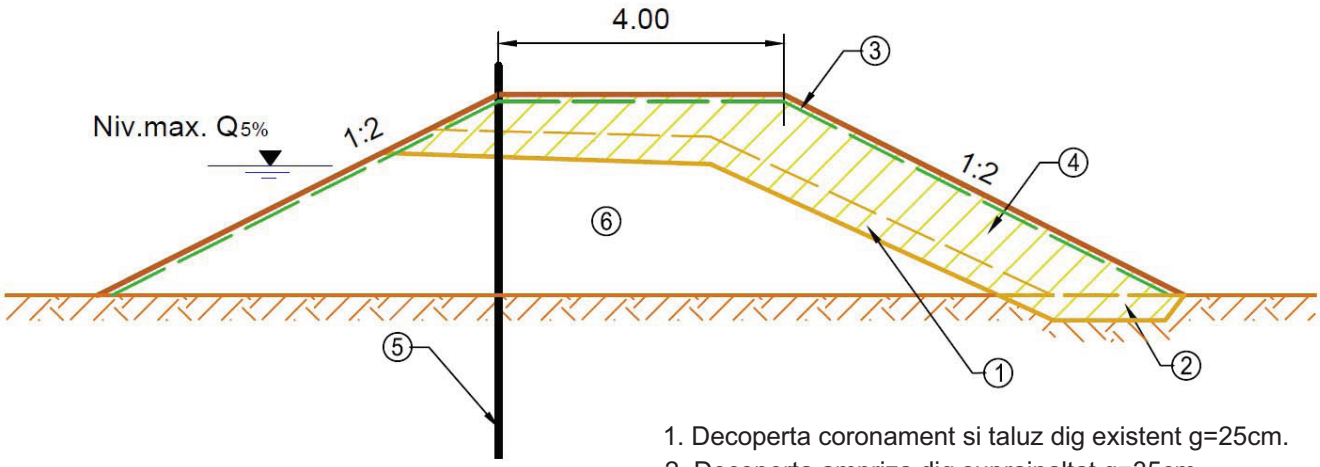
Pe durata sa de exploatare, digul a fost supraînălţat, succesiv, ajungând, în prezent, să asigure gradul de protecţie conform debitului de dimensionare $Q_{1\%}$.

În timpul inundaţiilor din anul 2006, digul a suferit o serie de deteriorări, formele de manifestare fiind cele asociate eroziunii interne prin corpul şi/sau fundaţia lucrării – zone de izvorâre, grifoane cu transport de material (sufozii), înmuieri pe taluzul interior, tasări, ravenări, etc.

În perioada 2007...2009, digul a fost supus unui amplu program de reabilitare, prin realizarea unui sistem de etanşare a corpului şi a fundaţiei creat prin baterea unui şir de palplanşe metalice (l = 6.0 m) la extremitatea dinspre taluzul exterior (dinspre apă) a coronamentului. Lucrarea şi-a dovedit eficienţa cu ocazia inundaţiilor din anul 2010, când digul nu a suferit, practic, degradări, decât în zona taluzului exterior, neprotejată, în special în zonele lipsite de perdele forestiere de protecţie (acestea fiind plantate recent şi insuficient dezvoltate).

Figura I.1 prezintă o secţiune transversală – tip a digului Noianu – Chiscani, cu ilustrarea modificărilor realizate prin lucrările de reabilitare din 2007…2009.

Exemplul prezentat ilustrează metodologia din prezentul normativ pentru situaţia iniţială, în urma inundaţiilor din anul 2006, după care se prezintă şi o reevaluare care să corespundă situaţiei actuale, în urma lucrărilor de reparaţii şi modernizare, validate de buna comportare a liniei de apărare în timpul inundaţiilor din anul 2010.



1. Decoperta coronament si taluz dig existent g=25cm.
2. Decoperta ampriza dig suprainaltat g=35cm.
3. Strat de pamant vegetal inierbat g=10cm.
4. Umplutura din pamant bine compactata
5. Profil palplansa L=6.00m
6. Corp dig existent

Figura I.1 Secţiune transversală – tip prin digul Noianu - Chiscani

(1a) Stabilirea categoriei de importanţă a digului (2006)

Tabelul 4.2

CRITERIUL		Grupa 1		2		3		4		5	
		Definiţie	Pct.	Definiţie	Pct.	Definiţie	Pct.	Definiţie	Pct.	Definiţie	Pct.
Caracteristici ale digului	Înălţime dig H (m)	H ≥ 15	10	10 ≤ H < 15	8	5 ≤ H < 10	6	1 ≤ H < 5	4	H < 1m	2
	Lungimea liniei de apărare L (km)	L ≥ 5	10	3 ≤ L < 5	8	2 ≤ L < 3	6	0,5 ≤ L < 2	4	L < 0,5 Km	2
	Alcătuirea corpului digului	pământ fin, omogen, nedrenat neprotejat	10	pământ drenat neprotejat aval	8	pământ drenat protejat aval	6	anrocamente	4	beton	2
	Teren de fundare	aluviuni necoezive fine (nisip) sau coezive neconsolidate	10	aluviuni necoezive medii şi grosiere	8	rocă sedimentară alterată (gresii, marne)	6	rocă sedimentară sensibilă la înmuiere, nealterată	4	stâncă (rocă eruptivă, metamorfică sedimentară compactă	2
	Sistemul de etanşare dig şi fundaţie	fără	10	cu drenaj aval	8	cu sistem de etanşare corp dig şi drenaj aval	6	cu sisteme de etanşare corp dig şi fundaţie	4	cu sisteme de etanşare corp dig şi fundaţie şi drenaj aval	2
	Starea digului	cu tasări şi ravenări majore	10	cu tasări şi ravenări semnificative	8	cu tasări şi ravenări moderate	6	cu tasări şi ravenări minore	4	fără tasări şi ravenări	2
	Pagube şi efecte în incintă*	catastrofale	40	foarte mari	32	mari	24	moderate	16	neglijabile	8
TOTAL			100		80	72	60		40		20
Intervale de punctaj total			81 - 100		61 - 80		41- 60		20 - 40		
Categoria de importanţă			Excepţională – A		Deosebită – B		Normală – C		Redusă – D		

Legendă: căsuţele poşate reprezintă caracteristicile studiului de caz; punctajul obţinut este evidenţiat cu altă culoare

Punctajul obţinut este de 72, ceea ce încadrează digul analizat în categoria B – deosebită

(2a) Stabilirea categoriei de pagube şi efecte asociată digului (2006)

Tabelul 4.3

CRITERIUL		Categoria (grupa) efectelor şi pagubelor (potenţiale)									
		1		2		3		4		5	
		Definiţie	Pct.	Definiţie	Pct.	Definiţie	Pct.	Definiţie	Pct.	Definiţie	Pct.
1.	**Efecte economice**										
	Valoarea refacerii lucrărilor (% din valoarea de investiţie)	V≥100	10	40≤V<100	8	13≤V<40	6	3≤V<13	4	V<3	2
	Obiective industriale (N-sute de angajaţi)	N≥50	15	10≤N<50	12	5≤N<10	9	0,5≤N<5	6	N<0,5	3
2.	**Efecte economico-sociale**										
	Număr total de locuitori în zona inundată (P - rezidenţi)	P>5000	15	1000≤P< 5000	12	50≤P< 1000	9	P<50	6	nelocuit	3
	Distrugeri drumuri, căi ferate, poduri, reţele	inter-naţionale	10	naţionale	8	judeţene	6	comunale	4	locale	2
	Distrugeri ale sistemelor de alimentare cu apă pt. populaţie	totale, cu scoaterea din funcţiune a sistemului de alimentare cu apă	10	avarii grave, cu repunerea în funcţiune a sistemului de alimentare cu apă	8	întreruperea temporară a alimentării cu apă	6	efecte minore, cu afectarea pe termen scurt a potabilităţii	4	fără efecte	2
3.	**Efecte asupra terenurilor şi mediului**										
	Suprafaţa terenurilor inundate (S - mii ha)	S≥10	10	4≤S<10	8	1≤S<4	6	0,25≤S<1	4	S<0,25	2
	Calitatea terenurilor inundate	culturi speciale, sere	10	agricol obiş-nuit	8	păşuni, fâneţe	6	pădure	4	neproductiv	2
	Poluări accidentale produse	grave, de lungă durată	10	grave, de scurtă durată	8	semnificative	6	minore	4	neglijabile	2
	Monumente importante inundate	patrimoniu UNESCO	10	valoare naţională	8	importanţă judeţeană	6	importanţă locală	4	nu există	2
TOTAL PUNCTE			100		80		60	44	40		20
Interval de puncte		81 - 100		61 - 80		41 - 60		21 - 40		20	
Categoria de efecte şi pagube		catastrofale		foarte mari		mari		moderate		neglijabile	

Punctajul obţinut este de 44, ceea ce încadrează digul analizat în categoria de efecte şi pagube asociate mari.

(3a) Stabilirea indicelui de siguranţă asociat digului (2006)

Tabelul 7.1

Criteriul		1		2		3		4	
		Definiţie	Pct	Definiţie	Pct	Definiţie	Pct	Definiţie	Pct
Categoria de importanţă		A	20	B	15	C	10	D	5
Starea digului	- tasări la coronament	> 1 m	10	0,6 ... 1 m	7	0.25 .... 0.5 m	5	minore	1
	- vegetaţie pe taluze	arbuşti şi buruieni pe > 50%	5	arbuşti şi buruieni pe > 25%	3	arbuşti sporadici	1	înierbare	0
	- ravenări şi alunecări locale	Frecvente	10	Relativ rare	8	Izolate	4	Fără	0
	- cratere de sufozie aval taluz interior	> 5 / tronson	10	2 / tronson	6	1 / tronson	3	Fără	0
	- galerii de rozătoare	> 2 / 10m	5	1 / 10 m	3	1/ 20 m	1	Fără	0
	- circulaţie pe dig	Intensă	5	Frecventă	3	Restricţionată	1	Necirculabil	0
Incidente anterioare şi intervenţii constructive		Breşe închise în regim de urgenţă	15	Breşe şi/sau eroziuni reparate pe bază de proiect cu control de calitate	10	Deversarea taluzului interior cu eroziuni sau alte incidente, remediate	5	Fără incidente	0
Pagube şi efecte în incintă		Catastrofale	20	Foarte mari	15	Mari	10	Moderate	4
INDICELE DE SIGURANŢĂ			100		70	57	40		10
Intervale ale indicelui de siguranţă		71 100		41 70		11 40		10	
Evaluarea riscului		Inacceptabil		Mare, necesită măsuri de remediere		Semnificativ, tolerabil		Acceptabil	

Valoarea obţinută pentru indicele de siguranţă este 57, ceea ce este echivalent cu un risc asociat mare, pt. care digul necesită măsuri de remediere.

(1b) Stabilirea categoriei de importanţă a digului (2010)

Tabelul 4.2

CRITERIUL		Grupa 1		Grupa 2		Grupa 3		Grupa 4		Grupa 5	
		Definiţie	**Pct.**	**Definiţie**	**Pct.**	**Definiţie**	**Pct.**	**Definiţie**	**Pct.**	**Definiţie**	**Pct.**
Caracteristici ale digului	**Înălţime dig H** (m)	H ≥ 15	**10**	10 ≤ H < 15	**8**	5 ≤ H < 10	**6**	1 ≤ H < 5	**4**	H < 1m	**2**
	Lungimea liniei de apărare L (km)	L ≥ 5	**10**	3 ≤ L < 5	**8**	2 ≤ L < 3	**6**	0,5 ≤ L < 2	**4**	L < 0,5 Km	**2**
	Alcătuirea corpului digului	pământ fin, omogen, nedrenat neprotejat	**10**	pământ drenat neprotejat aval	**8**	pământ drenat protejat aval	**6**	anrocamente	**4**	beton	**2**
	Teren de fundare	aluviuni necoezive fine (nisip) sau coezive neconsolidate	**10**	aluviuni necoezive medii şi grosiere	**8**	rocă sedimentară alterată (gresii, marne)	**6**	rocă sedimentară sensibilă la înmuiere, nealterată	**4**	stâncă (rocă eruptivă, metamorfică sedimentară compactă	**2**
	Sistemul de etanşare dig şi fundaţie	fără	**10**	cu drenaj aval	**8**	cu sistem de etanşare corp dig şi drenaj aval	**6**	cu sisteme de etanşare corp dig şi fundaţie	**4**	cu sisteme de etanşare corp dig şi fundaţie şi drenaj aval	**2**
	Starea digului	cu tasări şi ravenări majore	**10**	cu tasări şi ravenări semnificative	**8**	cu tasări şi ravenări moderate	**6**	cu tasări şi ravenări minore	**4**	fără tasări şi ravenări	**2**
	Pagube şi efecte în incintă*	catastrofale	**40**	foarte mari	**32**	mari	**24**	moderate	**16**	neglijabile	**8**
TOTAL			**100**		**80**	**66**	**60**		**40**		**20**
Intervale de punctaj total			**81 - 100**		**61 - 80**		**41- 60**		**20 - 40**		
Categoria de importanţă			**Excepţională – A**		**Deosebită – B**		**Normală – C**		**Redusă – D**		

Punctajul obţinut este de 66, ceea ce încadrează digul analizat în categoria B - deosebită

(2b) Stabilirea categoriei de pagube şi efecte asociată digului (2010)

- nemodificată faţă de anul 2006

(3b) Stabilirea indicelui de siguranţă asociat digului (2010)

Tabelul 7.1

Criteriul		1		2		3		4	
		Definiţie	Pct	Definiţie	Pct	Definiţie	Pct	Definiţie	Pct
Categoria de importanţă		A	20	B	15	C	10	D	5
Starea digului	- tasări la coronament	> 1 m	10	0,6 ... 1 m	7	0.25 .... 0.5 m	5	minore	1
	- vegetaţie pe taluze	arbuşti şi buruieni pe > 50%	5	arbuşti şi buruieni pe > 25%	3	arbuşti sporadici	1	înierbare	0
	- ravenări şi alunecări locale	Frecvente	10	Relativ rare	8	Izolate	4	Fără	0
	- cratere de sufozie aval taluz interior	> 5 / tronson	10	2 / tronson	6	1 / tronson	3	Fără	0
	- galerii de rozătoare	> 2 / 10m	5	1 / 10 m	3	1/ 20 m	1	Fără	0
	- circulaţie pe dig	Intensă	5	Frecventă	3	Restricţionată	1	Necirculabil	0
Incidente anterioare şi intervenţii constructive		Breşe închise în regim de urgenţă	15	Breşe şi/sau eroziuni reparate pe bază de proiect cu control de calitate	10	Deversarea taluzului interior cu eroziuni sau alte incidente, remediate	5	Fără incidente	0
Pagube şi efecte în incintă		Catastrofale	20	Foarte mari	15	Mari	10	Moderate	4
INDICELE DE SIGURANŢĂ			100		70		40	39	10
Intervale ale indicelui de siguranţă		71 100		41 70		11 40		10	
Evaluarea riscului		Inacceptabil		Mare, necesită măsuri de remediere		Semnificativ, tolerabil		Acceptabil	

Valoarea obţinută pentru <u>indicele de siguranţă este 39</u>, ceea ce este echivalent cu un <u>risc asociat semnificativ, tolerabil</u>.

Se constată şi prin aplicarea prezentei metodologii eficacitatea măsurilor de remediere ale liniei de apărare, al cărui indice de siguranţă s-a redus faţă de valoarea din anul 2006, concomitent cu scăderea riscului care, în 2010, rămâne semnificativ, dar tolerabil. În cazul prezentat anterior, se poate considera situaţia digului după reparaţia capitală la care a fost supus, lucrarea devenind, practic, una nouă, fără incidente şi/sau intervenţii constructive reparatorii, ceea ce reduce semnificativ valoarea indicelui de siguranţă din evaluarea riscului.

ANEXA II

Lucrări de întreţinere a digurilor pentru menţinerea exigenţelor de siguranţă

(1) **Necesitate**
Lucrările de întreţinere sunt o componentă esenţială a menţinerii exigenţelor de siguranţă, certificată şi de faptul că cele mai multe ruperi de diguri nu se produc din cauza proiectării lor defectuoase sau a subdimensionării lor, ci din cauza unor defecţiuni de întreţinere.

(2) **Asigurarea cotei coronamentului**
Chiar dacă digurile au fost bine compactate în timpul execuţiei, există un efect de tasare în timp a pământului din corpul digului. Din cauza neomogenităţii materialului tasarea nu este uniformă şi se poate ajunge ca, după un anumit timp de la execuţia digurilor, coronamentul acestora să nu mai fie pe toată lungimea la cota necesară (proiectată). O cauză curentă a ruperii digurilor este deversarea lor în zonele în care tasarea a determinat coborârea coronamentului la o cotă prea joasă. O operaţie strict necesară a întreţinerii lucrărilor de îndiguire o reprezintă verificarea periodică a coronamentului digurilor şi reprofilarea lor în zonele în care se constată tasări mai mari decât cele anticipate. Verificarea va cuprinde compararea nivelului existent al coronamentului cu prevederile proiectului, acolo unde acest lucru este posibil.

(3) **Starea coronamentului**
a) Dacă nu se execută un drum public pe coronament, circulaţia în această zonă trebuie restricţionată, fiind recomandabil să se instaleze bariere cu dispozitive de închidere în locurile în care digurile sunt traversate de drumuri publice, pentru a împiedica accesul persoanelor neautorizate.

b) Digurile necarosabile trebuie să aibă pe coronament un strat de macadam care să permită circulaţia vehiculelor de supraveghere şi de întreţinere, în special în condiţii de ploaie. Trebuie însă avut în vedere că, în perioade de pericol, poate fi necesară prezenţa simultană a mai multor utilaje. De asemenea, lucrările de intervenţie pot impune executarea unor lucrări temporare de supraînălţare sau de consolidare cu saci de nisip şi lăţimea coronamentului trebuie să permită în acelaşi timp şi circulaţia vehiculelor.

(4) **Protecţia taluzului exterior**
a) Taluzul dinspre apă constituie unul din elementele cele mai solicitate şi mai vulnerabile ale unui dig. De aceea, taluzurile trebuie inspectate frecvent şi eventualele deteriorări constatate trebuie imediat remediate.

b) Consolidările trebuie să aibă în vedere:
(i) curenţii longitudinali care au tendinţa de a antrena materialul de pe taluzul digului;
(ii) acţiunea valurilor, în general transversale pe dig, care, de asemenea, au tendinţa de a antena materialul de pe taluz;
(iii) forţele hidrodinamice ale apei din corpul digului care se scurge prin paramentul amonte în cazul unei scăderi relativ bruşte a nivelului apei.
(iv) acţiunea de şiroire a apei (în general provenite din ploi) pe taluzul digului când acesta nu este acoperit de ape.

c) În cazul în care vitezele longitudinale nu sunt excesive şi nici nu sunt condiţii pentru formarea unor valuri foarte înalte, este posibilă realizarea unor protecţii prin înierbare. Sistemul radicular al plantelor formează o reţea densă care leagă particulele de pământ, împiedicând sau reducând

posibilitatea de antrenare în curenţii de apă. Pentru a obţine un asemenea efect este necesară utilizarea unui amestec de ierburi perene corespunzătoare. Durata viiturilor, în timpul cărora înierbarea de protecţie este înecată, este, de asemenea, importantă pentru alegerea reţetei de înierbare, ştiind că majoritatea ierburilor nu suportă decât un timp limitat de submersare.

d) Dacă înierbarea nu este posibilă sau nu corespunde condiţiilor de scurgere, taluzul exterior al digurilor trebuie protejat cu anrocamente, cu zidărie de piatră, cu dale de beton sau cu blocuri de beton de diferite tipuri – tetrapozi, stabilopozi, etc – sau cu soluţii compozite – geogrile, etc. Blocurile de beton de tip special sunt indicate în special în cazul îndiguirilor care pot fi supuse acţiunii unor valuri mari.

(5) **Vegetaţia pe dig**

a) Înierbarea taluzelor digului este benefică. În situaţiile în care creşterea unor ierburi este posibilă pe taluzul dinspre apă, dar curenţii de apă sunt prea puternici pentru ca înierbarea să reziste, se pot utiliza soluţii mixte cu elemente de beton cu goluri sau cu geogrile în care se plantează iarbă.

b) Este recomandabil să nu se planteze arbori pe taluzurile digurilor. La smulgerea sau la uscarea arborilor, în locul rădăcinii rămâne un gol, în care materialul din corpul digului nu este protejat şi de unde acesta poate fi uşor antrenat. Golurile au tendinţa de a se mări şi pot duce la cedarea digurilor. Scoaterea rădăcinilor arborilor morţi şi consolidarea zonelor respective este o operaţie dificilă.

c) Zonele în care plantaţiile de arbori pot fi promovate sunt cele în care viiturile sunt de relativ scurtă durată, vitezele de scurgere în lungul digului sunt relativ reduse iar pantele taluzului nu sunt abrupte.

(6) **Zona dig – mal**

Pe durata de exploatare a digului pot apare fenomene de eroziune a malului cursului de apă, astfel că malul se apropie de dig la distanţe sub distanţa de protecţie. Fenomenul este evolutiv şi eroziunea poate să ajungă până în ampriza digului, producând prăbuşirea taluzului exterior până la coronament. Sunt necesare lucrări de apărare de mal iar, în zonele deja afectate, chiar lucrări de refacere a digului spre apă.

(7) **Fundaţia digurilor**

a) În majoritatea cazurilor digurile sunt amplasate în albiile majore ale unor cursuri de apă. Ca urmare, terenurile pe care sunt amplasate digurile sunt, cu foarte rare excepţii, de natură sedimentară recentă şi prezintă condiţii de fundare relativ proaste. În plus, de cele mai multe ori, terenul de fundare nu este omogen, ci este format din alternanţe de straturi de natură diferită, de exemplu alternanţe de straturi de argilă şi staturi de pietriş. Principalul pericol îl constituie antrenarea particulelor de pământ din fundaţie pe perioada când, la punerea sub sarcină, se produc infiltraţii spre incintă.

b) Dacă unele staturi ale terenului de fundaţie conţin particule foarte fine care pot fi antrenate de curenţii de infiltraţie pe sub dig, este posibil ca, în timp, să se creeze goluri pe sub dig, fenomenul fiind asociat sufoziei. În cazuri extreme este posibil ca întreg materialul de sub dig să fie antrenat şi apa scursă prin acest gol să izvorască în spatele digului. Acest fenomen se numeşte *explozie hidraulică*. Apare prăbuşirea terenului de deasupra şi, implicit, a digului, formându-se breşe.

c) În cazul în care există pericole de sufozie, în timpul viiturilor este necesară urmărirea atentă a situaţiei din incintele îndiguite. În cazul în care se constată existenţa unor izvoare puternice pe sub dig, care preced ruperea propriu-zisă, soluţia este de a se executa mici diguri circulare în jurul punctelor de izvorâre (diguri-potcoavă). Se creează astfel o contrapresiune care are ca efect micşorarea debitului de infiltraţie şi, deci, a vitezei de scurgere a apei subterane. Aceste soluţii au numai un caracter de

intervenţii temporare în timpul inundaţiilor, ulterior fiind necesare lucrări corective cu caracter permanent.

(8) **Stocul de intervenţie**
Dat fiind faptul că multe din lucrările de intervenţie necesită punerea în operă a unor cantităţi de pământ sau supraînălţări locale cu saci de nisip, etc aceste materiale de intervenţie trebuie să existe în apropierea rampelor de acces. Stocurile trebuie create în funcţie de măsurile de intervenţie preconizate, ştiind că, în situaţii de urgenţă, este rareori timp pentru formularea de soluţii.

ANEXA III

III.1 Mecanisme de cedare a digurilor

(1) Pentru lucrările hidrotehnice realizate din umpluturi, sunt definite în mod tradiţional patru mecanisme de cedare: eroziune internă, eroziune externă, instabilitate externă şi lichefiere (figura III.1). Aceste mecanisme sunt descrise pe larg în literatura tehnică de specialitate, în special în cea dedicată barajelor (ICOLD, 1993).

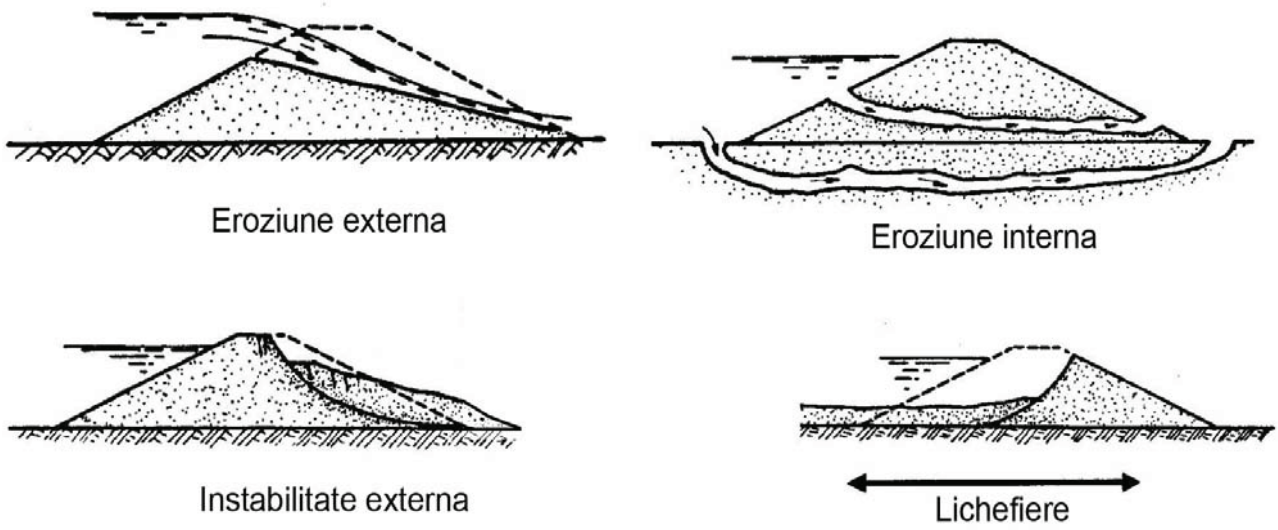


Figura III.1 Mecanismele de rupere a lucrărilor hidrotehnice din umpluturi

(2) Mecanismele menţionate mai sus sunt caracteristice şi pentru digurile care se încadrează în aceste tipuri de lucrări.

a) Pentru digurile de protecţie împotriva inundaţiilor pot fi definite următoarele mecanisme de cedare:

i) *eroziunea internă*;
ii) *eroziunea externă*;
iii) *alunecarea*.

b) De notat două particularităţi legate de digurile de protecţie împotriva inundaţiilor:

i) nu se ia în considerare mecanismul de lichefiere, aceste lucrări nefiind în contact permanent cu apa, în condiţii normale de exploatare;

ii) se face distincţia între mecanismul de deversare şi cel de eroziune externă.

În continuare sunt explicate mecanismele de cedare enumerate mai sus.

III.2 Descrierea mecanismului de cedare prin eroziune externă

(1) Deversarea digului poate fi un mecanism de cedare, prin inundarea incintei apărate: în timpul viiturii apa trece peste coronamentul digului, lama deversantă conducând, în general, la formarea rapidă a unei breşe, prin eroziunea regresivă a taluzului pe partea incintei apărate şi apoi a coronamentului (figura III.2).

(2) Eroziunea care se produce în timpul deversării se desfăşoară în două faze:

a) *faza de eroziune progresivă*: digul este erodat de apa care îl traversează;

b) *faza de răsturnare*: profilul transversal al digului nu mai rezistă la împingerea din presiunea hidrostatică.

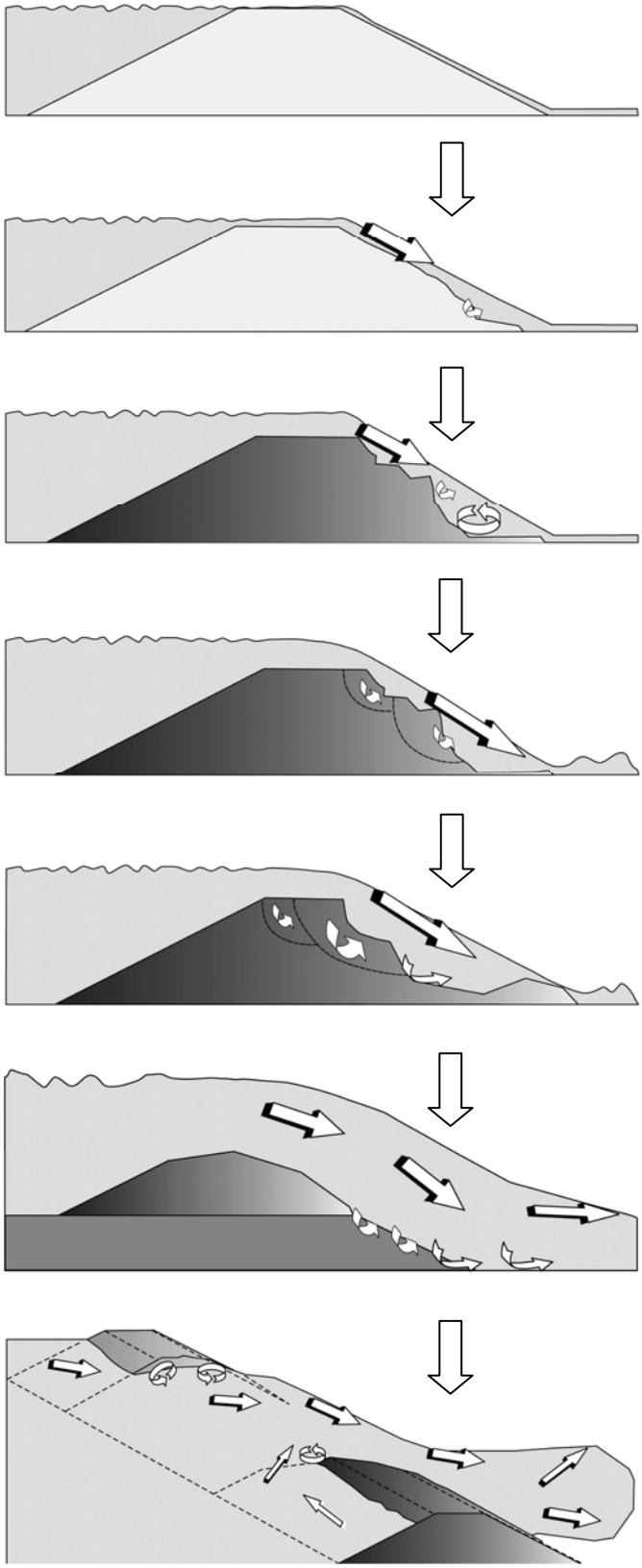
(3) Cunoştinţele tehnice actuale nu permit evaluarea precisă a duratei de rezistenţă a unui dig la deversare şi în mod acoperitor, se consideră că digurile din pământ nu suportă deversarea necontrolată a apei peste coronament.

(4) Acest argument poate fi nuanţat:

a) caracteristicile locale ale materialelor, mai mult sau mai puţin nisipoase, din umplutura digului sunt factori care pot agrava sensibilitatea digului la deversare;

b) un profil în lung neregulat al crestei deversorului, cu denivelări datorate unei compactări necorespunzătoare sau unor tasări diferenţiate, poate conduce la concentrări locale ale debitului deversat;

c) dimpotrivă, un dig bine compactat, cu un profil în lung regulat, cu taluzuri bine înierbate şi un coronament protejat, va rezista probabil, pe o perioadă de timp limitată, la deversarea unei lame de apă de înălţime redusă (câţiva centimetri sau chiar mai mult).



Începutul deversării
nivelul apei atinge cota coronamentului, apa începe să depăşească cota coronamentului, deversează şi inundă incinta controlată

Câteva minute mai târziu
Taluzul interior începe să fie erodat, materialele sunt antrenate de curent de la piciorul taluzului digului

Taluzul interior este puternic erodat
apar exfiltraţii puternice la piciorul taluzului interior, lucrarea este imbibată cu apă

Taluzul interior saturat nu mai este stabil
felii mari din corpul digului se desprind şi sunt antrenate de curentul tot mai puternic

Procesul de degradare se accelerează
umplutura din corpul digului este antrenată de forţa curentului până la distrugerea completă

Se deschide breşa
forţa curentului creează un crater de eroziune în zona piciorului taluzului interior

Breşa se lărgeşte
digul este erodat de o parte si de alta a breşei

Figura III.2 Descrierea mecanismului de rupere prin deversare

III.3 Descrierea mecanismului de eroziune internă

(1) Eroziunea internă este principala cauză a incidentelor care apar la lucrările hidrotehnice din umpluturi. Prin eroziune internă se înţelege transportul de material solid, de obicei în suspensie, din corpul sau din fundaţia digului datorită curgerii apei. Eroziunea internă este condiţionată de producerea simultană a două fenomene: antrenarea particulelor şi transportul lor.

(2) Modurile de declanşare diferite ale eroziunii interne se pot combina între ele şi sunt greu de separat. Pentru antrenarea ruperii, trebuie, de asemenea, asigurate condiţiile de transport ale particulelor de material pentru ca eroziunea să fie întreţinută. În funcţie de natura transportului se disting două mecanisme de eroziune: *eroziunea internă* şi *sufozia* (figura III.3).

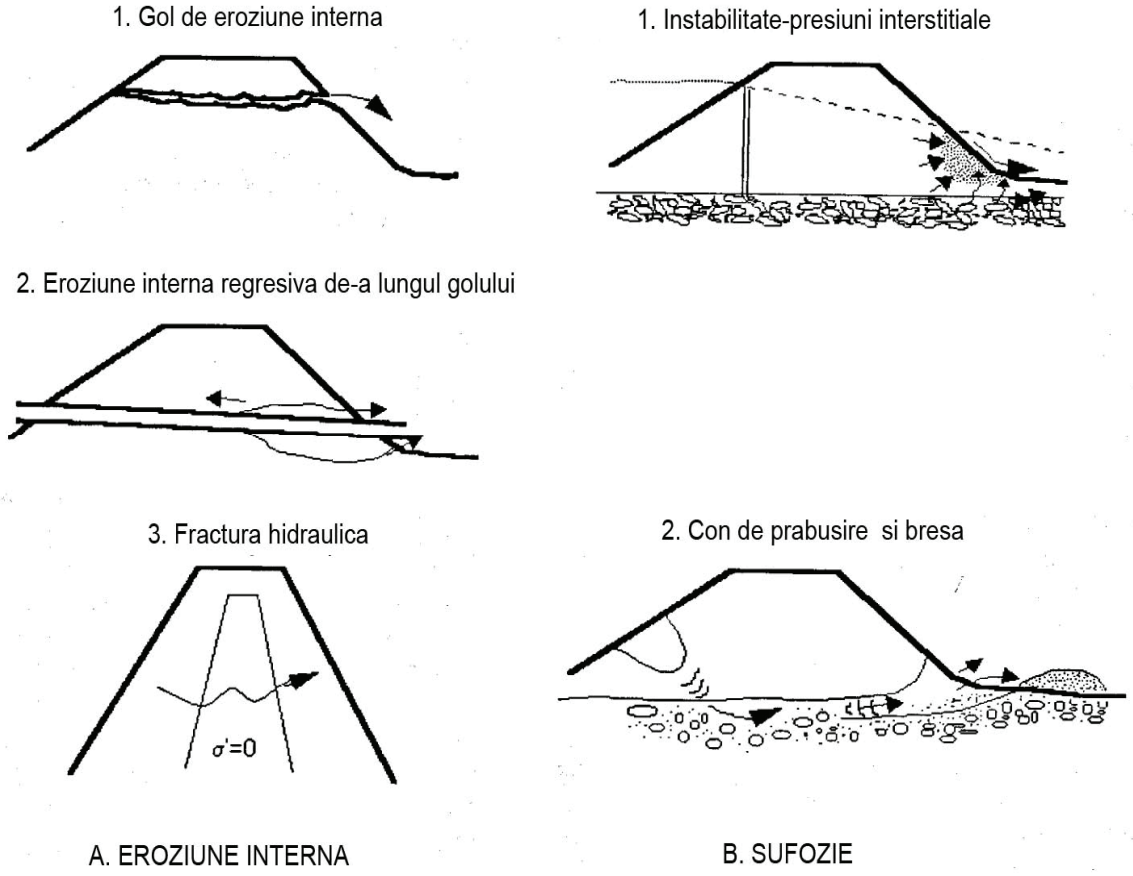
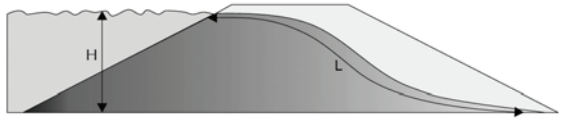


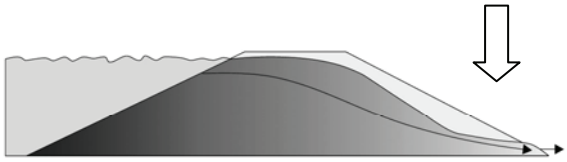
Figura III.3 Eroziunea internă şi sufozia

(3) Vitezele de curgere sunt ridicate în mecanismul eroziunii interne şi mai puţin ridicate în cazul mecanismului de sufozie. Mecanismul de eroziune internă este cel mai rapid şi cel mai periculos, fiind cel care antrenează de cele mai multe ori ruperea digurilor (figura III.4).

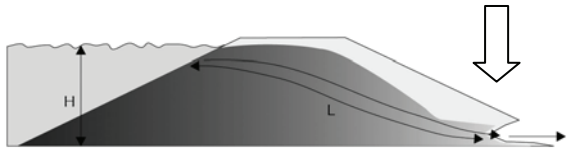
(4) Eroziunea internă conduce, pe termen scurt sau mediu, la formarea unei breşe. Este vorba despre un fenomen ireversibil şi autoaccelerator.



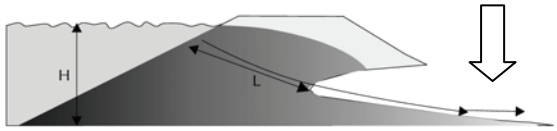
Mecanismul de eroziune internă (sau eroziune internă regresivă)
Odată cu creşterea nivelului apei (H) are loc saturarea progresivă a umpluturii. Creşte gradientul hidraulic (H/L).



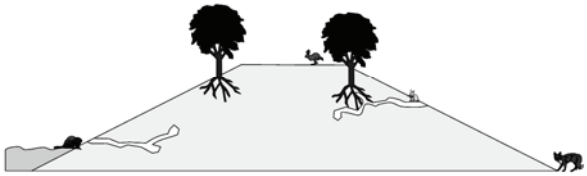
Câteva minute mai târziu
Se creează o curgere de-a lungul liniilor de curent preferenţiale, care iniţiază o exfiltraţie la piciorul taluzului interior al lucrării



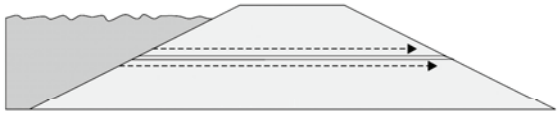
Se stabilizează zona de izvorâre
Materialele puţin coezive din corpul digului sunt antrenate către punctul de izvorâre. Calea de infiltraţie se scurtează progresiv, gradientul hidraulic creşte accentuând fenomenul.



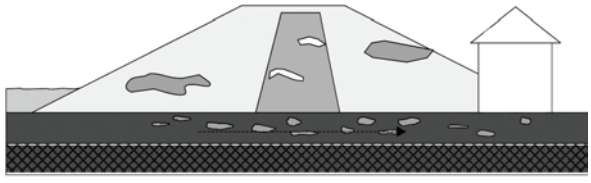
Zona de exfiltraţie se măreşte
Se creează o cavitate în locul materialelor antrenate de apa de infiltraţie, ce se propagă spre taluzul exterior şi se lărgeşte spre taluzul interior. Galeria astfel formată poate traversa în întregime lucrarea conducând la distrugerea ei în urma uneia sau mai multor viituri.



Factori agravanţi
Prezenţa vizuinelor de animale, găurilor create de rozătoare şi rădăcinile arborilor constituie căi preferenţiale de infiltraţii, generatoare de eroziuni interne.



Factori agravanţi
Lucrările care traversează digul: conducte, cabluri îngropate, goliri de fund, pot constitui surse de eroziune regresivă ce favorizează circulaţia internă a apei şi exfiltraţiile.



Factori agravanţi
Eterogenitatea umpluturii, pungile de materiale nisipoase, construcţiile încastrate în dig, care favorizează curgerea internă reducând calea de infiltraţie, pot fi cauze ale eroziunii interne. La fel şi fundaţiile cu astfel de caracteristici pot conduce la eroziunea internă

Figura III.4 Mecanismul eroziunii interne

III.3.1 Eroziunea taluzului şi afuierea în zona dig-mal

(5) Eroziunile taluzului şi afuierile nu conduc în mod obligatoriu la formarea unei breşe. Aceasta se poate produce atunci când există o înlănţuire de disfuncţionalităţi. Chiar dacă nu se formează o breşă, degradările pot fi totuşi semnificative şi foarte periculoase (risc ridicat de cedare ulterioară).

(6) Afuierile de la baza malului conduc la eroziuni externe ale corpului digului dacă acesta este amplasat în apropiere. Eroziunea la piciorul malului este provocată de vitezele mari ale curentului (agravată, eventual, de fragilitatea malurilor, absenţa protecţiei sau ancorării acestora). Aceasta conduce la o verticalizare locală a malului careasociată cu o degradare a proprietăţilor mecanice (datorită saturării materialelor), antrenează alunecări care favorizează, la rândul, lor formarea turbioanelor şi eroziunile (figura III.5).

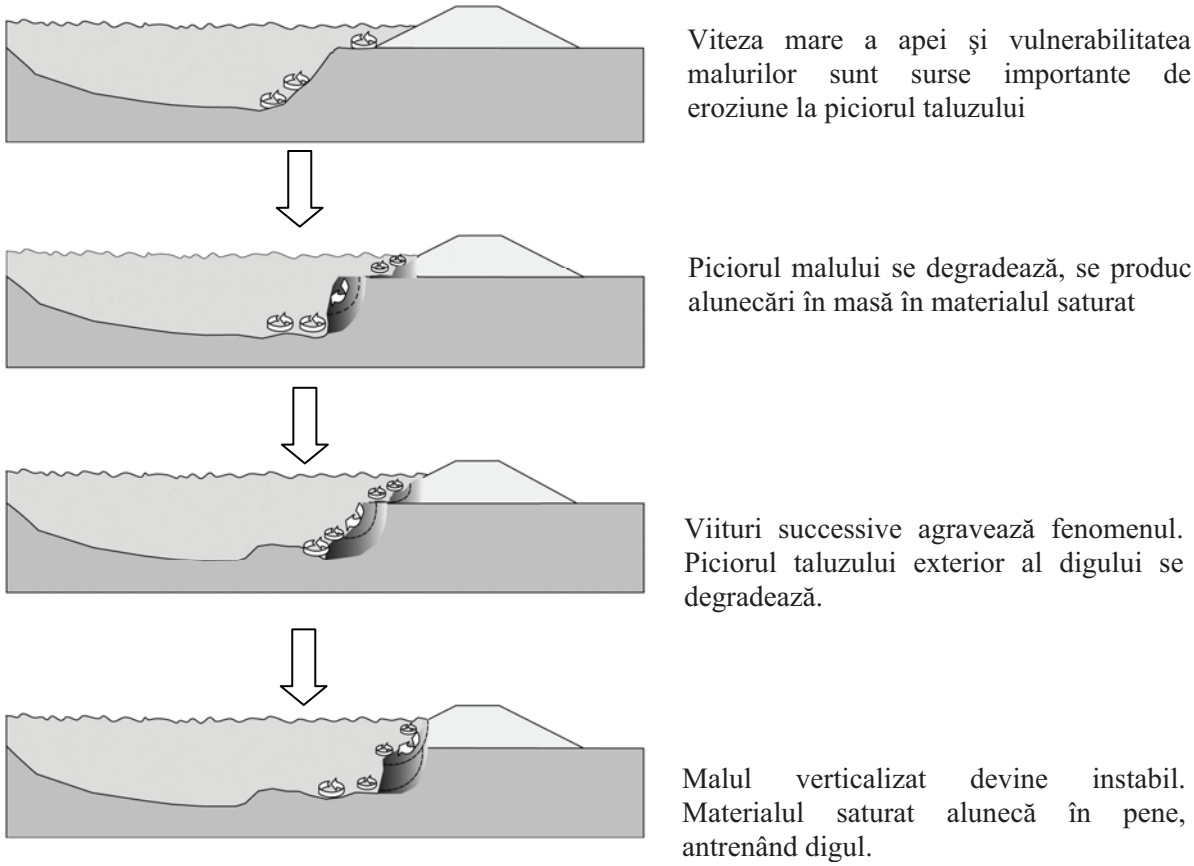


Figura III.5 Mecanismul de afuiere/eroziune taluz

(7) Prin alunecările succesive ale taluzului exterior al digului şi/sau a malului, se ajunge la deschiderea unei breşe în corpul digului.

(8) Factorii de influenţă în mecanismul de eroziune externă sunt de trei tipuri (figura III.6):

a) viteza medie a apei în lungul taluzului digului, direct legată de distanţa între dig şi albia minoră sau malul apei. Din acest punct de vedere, digurile aflate imediat la marginea albiei minore (continuând direct malul) sunt în mod deosebit expuse, precum şi digurile situate în zonele de îngustare a albiei majore.

b) rezistenţele hidraulice locale, care pot duce la formarea curenţilor şi turbioanelor cu viteze locale mai mari decât viteza medie locală a tronsonului. Astfel arborii, pilele sau toate construcţiile aflate pe taluzul exterior al digului constituie surse ale unor astfel de discontinuităţi hidraulice. Acelaşi lucru este valabil pentru curbele pronunţate ale axului digului.

c) natura protecţiei taluzului exterior şi starea acesteia: un pereu aflat într-o stare bună va putea rezista la o viteză medie de 4 m/s, în timp ce un taluz simplu înierbat nu va suporta viteze ce depăşesc 1,5 m/s. Zonele de trecere de la un tip de protecţie la altul (de exemplu, de la pereu la taluz înierbat) constituie, de asemenea, un factor de fragilitate.

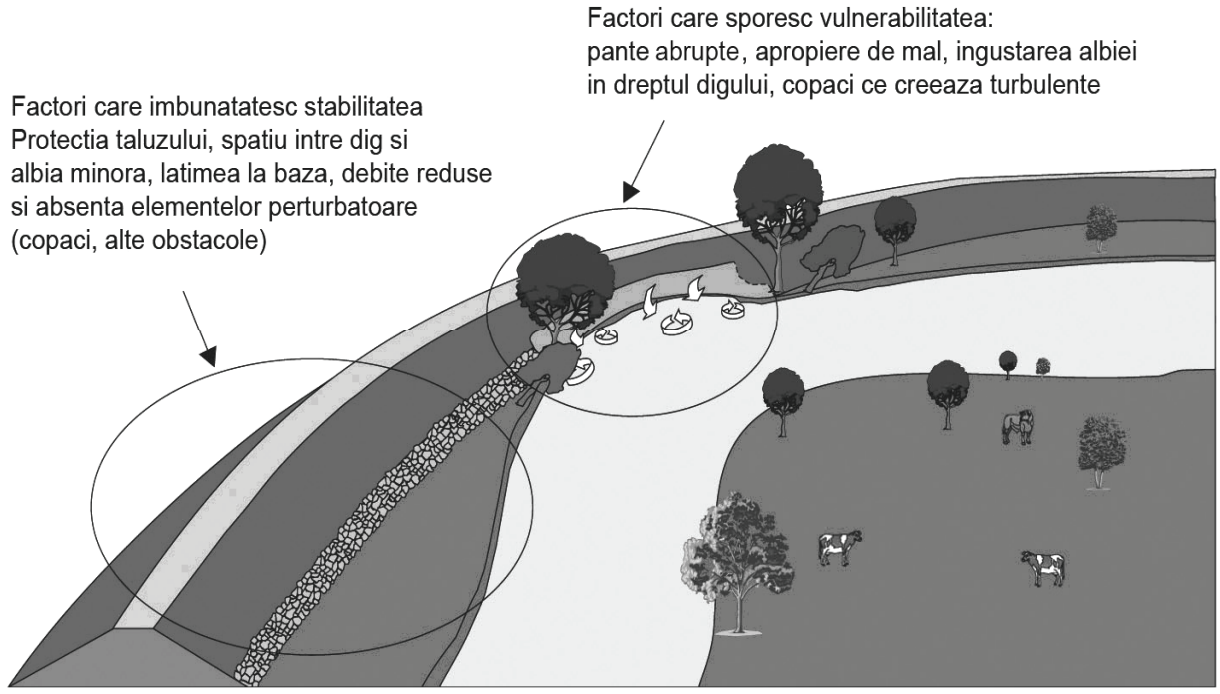


Figura III.6 Factori de influenţă a mecanismului de eroziune taluz exterior

(9) Deteriorările cauzate de eroziunea externă pot să apară, deasemenea, pe partea dinspre incinta apărată, separat de eroziunea asociată deversării necontrolate peste coronamentul digului. Acest fenomen este limitat la zonele din vecinătatea zonelor amenajate pentru deversare controlată (viteze mai mari la începutul deversării înainte de inundarea incintei apărate).

III.3.2 Curentul şi impactul corpurilor plutitoare

(10) Digurile de protecţie împotriva inundaţiilor sunt rar în contact cu apa şi, în consecinţă, mecanismul de eroziune externă datorat curentului şi impactului cu plutitorii este mai puţin frecvent.

(11) Totuşi, în timpul viiturilor, există posibilitatea de a fi erodat prin acest mecanism, chiar dacă digul se află la distanţă de cursul de apă.

(12) Dacă taluzul exterior este împădurit, eroziunea externă este posibilă prin formarea de turbioane în jurul trunchiurilor copacilor favorizând, deasemenea, mecanismul de alunecare sau dezvoltarea eroziunilor interne.

(13) În timpul viiturii, apa transportă numeroşi plutitori, cum sunt, de exemplu, trunchiurile de copaci. Aceşti plutitori, prin impactul cu corpul digului, pot produce daune semnificative care pot antrena chiar ruperea digului.

III.4 Descrierea mecanismului de alunecare

(1) În cazul digurilor de apărare împotriva inundaţiilor se pot defini două mecanisme de alunecare:

a) *alunecarea taluzului interior* (dinspre incinta apărată), care se produce în timpul viiturilor;

b) *alunecarea taluzului exterior* (dinspre apă), care se produce în timpul fazei de descreştere a viiturii.

(2) Se poate considera că riscul unei instabilităţi generale sub sarcina hidraulică, (prin alunecarea taluzului interior) se manifestă în prezenţa a trei factori:

a) un profil transversal al digului cu pante abrupte (peste 1:1.5);

b) niveluri piezometrice ridicate în corpul digului, asociate cu absenţa drenajului şi cu prezenţa unor straturi neomogene;

c) caracteristici mecanice slabe ale materialului din umplutură, ca urmare a unei compactări necorespunzătoare, sau prezenţa unui strat argilos neconsolidat la nivelul fundaţiei.

(3) Prezenţa acestor trei factori se întâlneşte, de obicei, în zonele vechilor breşe, în care reparaţiile nu au fost executate întotdeauna în cele mai bune condiţii. Figura III.7 ilustrează acest mecanism.

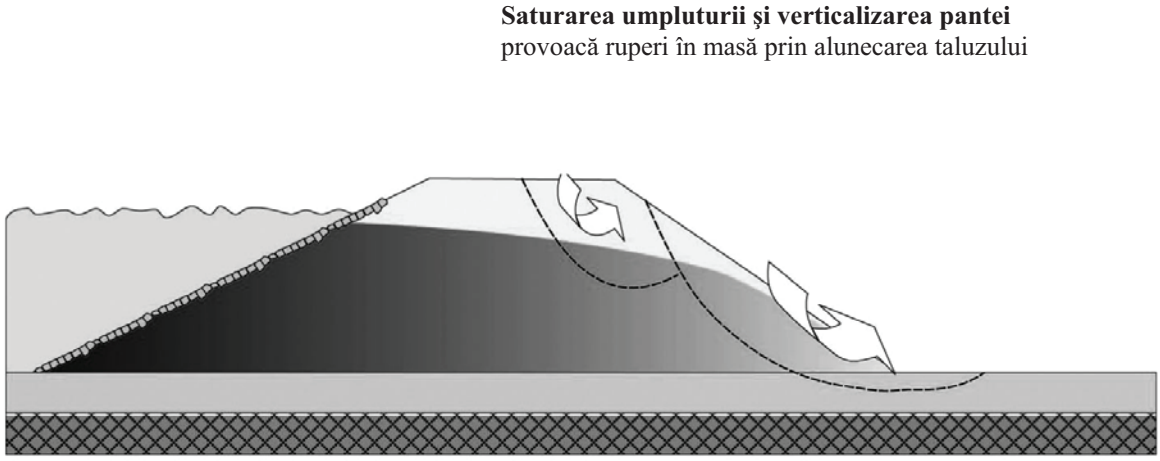
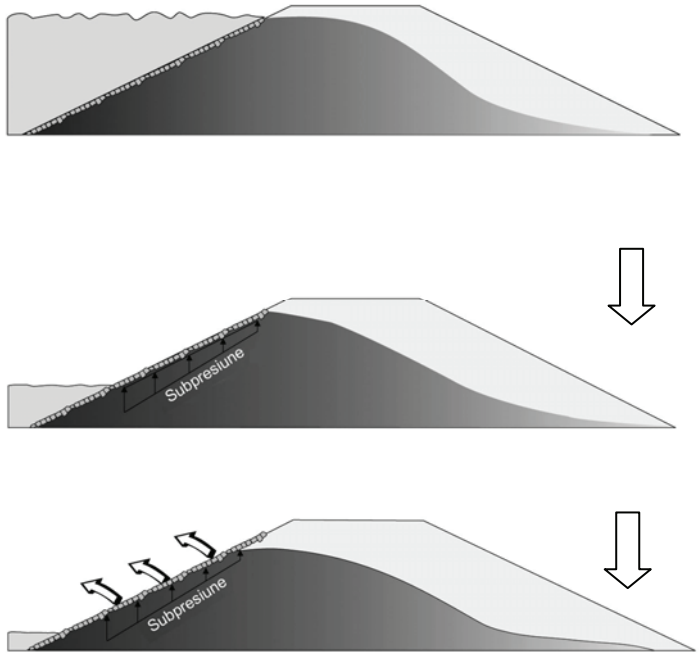


Figura III.7 Mecanismul de alunecare a taluzului interior

III.4.1 Mecanismul de alunecare a taluzului exterior în faza de descreştere a viiturii

(4) Mecanismul de rupere prin alunecarea taluzului exterior se produce în timpul retragerii rapide a apelor după trecerea viiturii (figura III.8). Acest mecanism este legat de subpresiunile care se dezvoltă în faza de descreştere a viiturii şi este specific în special pentru digurile cu taluzele protejate cu peree foarte etanşe.

(5) În cazul digurilor realizate din material argilos, saturarea umpluturii va compromite caracteristicile geomecanice ale umpluturii, putând provoca şi alunecări pe suprafeţe cilindrice ale taluzului exterior (figura III.9).



Mecanismul de cedare
Nivelul rămâne ridicat un timp îndelungat conducând la saturarea umpluturii

Faza de descreştere
Coborârea nivelului este rapidă. Drenarea este mai mult sau mai puţin rapidă depinzând de caracteristicile materialului. Ca urmare a saturării, caracteristicile geomecanice ale umpluturii sunt alterate. Apar subpresiuni datorită presiunilor interstiţiale remanente când prismul nu are asigurat drenajul.

Subpresiunea antrenează şi produce chiar îndepărtarea pietrei de protecţie de pe taluz.

Figura III.8 Mecanismul de alunecare a taluzului exterior în faza de descreştere a viiturii

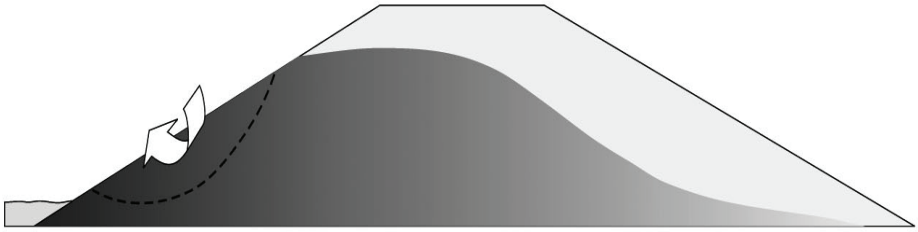


Figura III.9 Alunecare a taluzului exterior în faza de descreştere a viiturii

(6) Este important de notat faptul că mecanismele de cedare descrise mai sus pot acţiona simultan sau secvenţial, ducând în final la ruperea digului.

(7) Dintre mecanismele de cedare, eroziunea externă prin deversarea digului reprezintă un mecanism de cedare care depinde de un factor tipic extern şi anume mărimea viiturii. Nivelul apei poate depăşi nivelul pentru care a fost dimensionat digul, de aceea sunt foarte importante studiile hidrologice şi hidraulice.

(8) În contrast cu acesta, celelalte mecanisme se raportează direct la rezistenţa digului şi de aceea sunt asociate cu amplasamentul, caracteristicile geotehnice ale fundaţiei şi corpului digului, supravegherea şi întreţinerea corespunzătoare şi fac obiectul normativului de faţă.

ANEXA IV

Recomandări referitoare la punerea în siguranţă a digurilor

(1) Experienţa comportării digurilor la inundaţiile din ultima decadă a pus în evidenţă o serie de defecţiuni sistematice:

a) tendinţa apariţiei infiltraţiilor şi a alunecărilor în corpul digurilor ca urmare a duratei mari a viiturilor şi a unor niveluri maxime care se situează între nivelul de calcul şi coronamentul acestora;

b) terenul de fundare, constituit, în principal, din nisipuri argiloase şi prafuri argilo – nisipoase având caracteristici geomecanice slabe, favorizează producerea infiltraţiilor pe sub diguri, înmuierea digurilor şi apariţia fenomenelor de sufozie în timpul viiturilor;

c) existenţa unor tronsoane în care digurile au deficienţe (secţiune redusă, material de construcţie necorespunzător, lucrări de calitate necorespunzătoare);

d) relativ numeroase subtraversări insuficient supravegheate şi întreţinute;

e) distrugerea, lipsa de întreţinere şi avarierea unor sisteme de desecare, etc.

(2) Pentru aducerea digurilor la nivelul de exigenţă cerut de siguranţă în exploatare se recomandă următoarele măsuri:

a) Reprofilarea şi supraînălţarea digurilor pentru a respecta cotele de dimensionare corespunzând debitului de calcul (figura IV.1).

b) Completarea perdelelor forestiere de protecţie, cu rol de a reduce înălţimea valurilor, cu efecte benefice asupra taluzului exterior prin reducerea eroziunilor (figura IV.2). În zonele în care nu se poate crea perdea forestieră de protecţie, se recomandă protejarea taluzului exterior cu peree din piatră uscată, anrocamente sau saltele din gabioane.

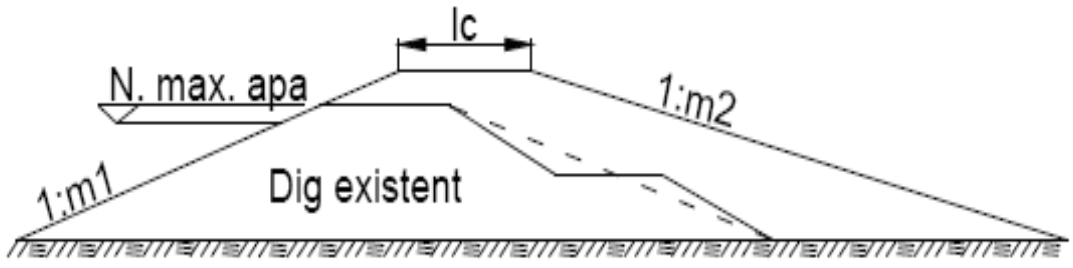


Figura IV.1. Supraînălţarea şi completarea secţiunii digului existent

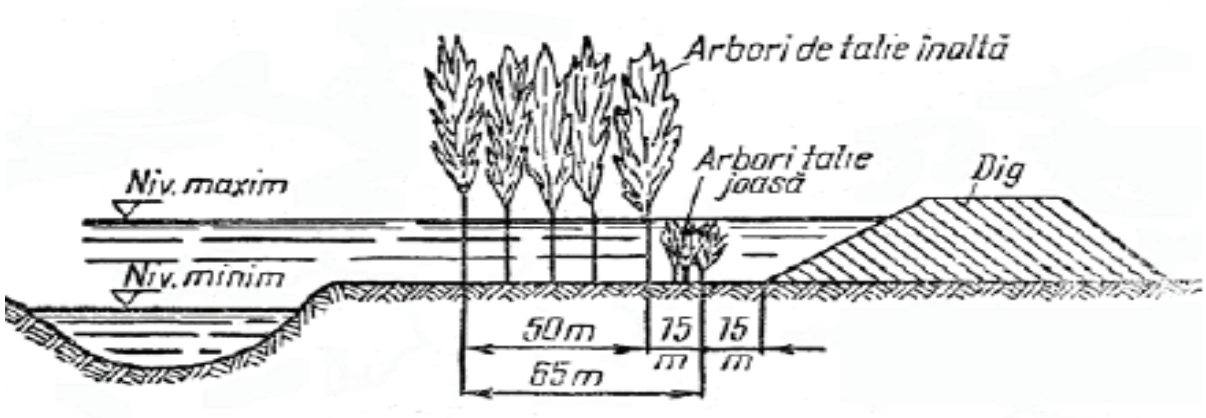


Figura IV.2. Perdea de protecţie la digurile din Lunca Dunării

c) Prevederea de banchete de pământ pe taluzul interior (figura IV.3,a), cu rolul coborârii punctului de ieşire a curbei de infiltraţie pe taluzul interior al banchetelor.

d) Prevederea de sisteme de drenaj la piciorul interior al digului în sectoarele de dig omogene, realizate cu argilă compactată, care au potenţial de înmuiere prin acţiunea prelungită a apelor mari (figura IV.3,b).

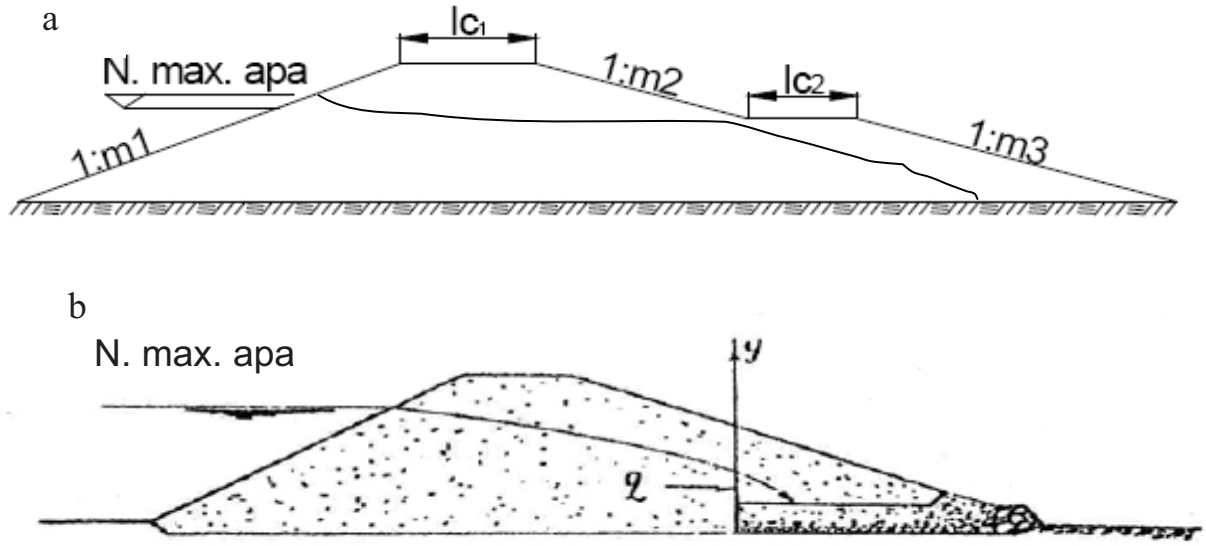


Figura IV.3. Soluţii de control al curbei de depresie:
(a) cu banchetă aval; (b) cu sistem de drenaj

e) Realizarea de platforme de material drenant în continuarea taluzului interior al digurilor (figura IV.4) pentru combaterea sufoziilor din fundaţia digurilor.

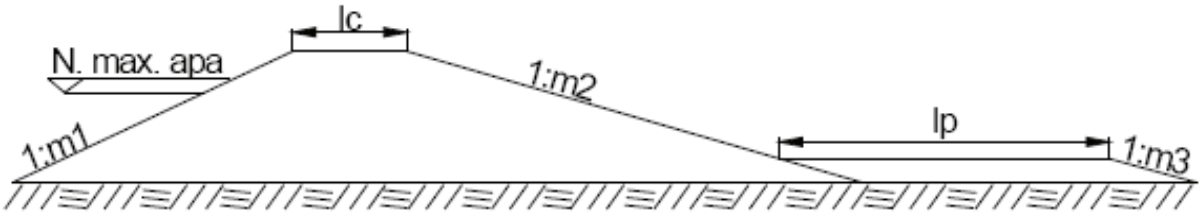


Figura IV.4. Platforme aval pentru combaterea sufoziilor

f) Impermeabilizarea corpurilor digurilor şi a fundaţiei cu geocompozite bentonitice, care a dat rezultate foarte bune în timpul inundaţiilor din 2006, sau cu palplanşe metalice, aplicate cu succes la repararea digurilor (figura IV.5).

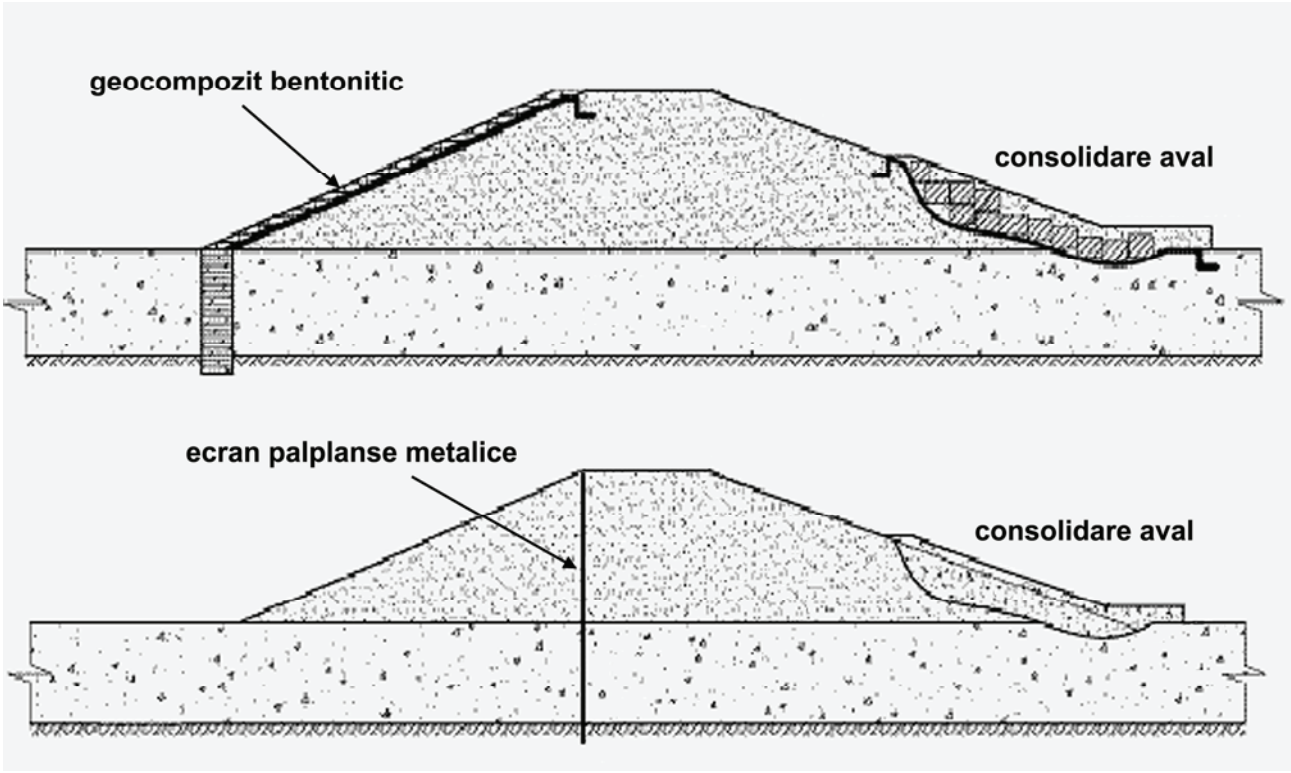


Figura IV.5. Soluţii de impermeabilizare corp dig şi fundaţie

g) Refacerea, repararea sau blindarea conductelor care traversează digurile, pentru a elimina zonele slabe din corpul lucrărilor, pe unde pot să apară căi preferenţiale de infiltraţie.

h) Realizarea unor diguri inelare în zonele afectate de eroziuni puternice sau de noi diguri de compartimentare pentru limitarea pagubelor produse de inundaţii.