ORDIN NR. 80/N
19.10.1998

În temeiul Hotărârii Guvernului nr. 456/1994 privind organizarea şi funcţionarea Ministerului Lucrărilor Publice şi Amenajării Teritoriului, modificată şi completată prin Hotărârea Guvernului nr. 507/1997,

Având în vedere:

- avizul Consiliului Tehnico-Ştiinţific al Ministerului Lucrărilor Publice şi Amenajării Teritoriului, nr. 58/10.06.1998 şi
- raportul Direcţiei Generale Tehnice,

În baza Hotărârii Parlamentului nr. 12/1996 şi a Decretului Nr. 591/1996 privind numirea Guvernului României,

Ministrul Lucrărilor Publice şi Amenajării Teritoriului emite următorul:

ORDIN

Art. 1.- Se aprobă **"Ghidul de redactare a hărţilor de risc la alunecare a versanţilor pentru asigurarea stabilităţii construcţiilor", indicativ GT019 - 1998.**

Art. 2.- Ghidul de la art. 1 se publică în Buletinul Construcţiilor.

Art. 3.- Prezentul Ordin intră în vigoare la data publicării lui în Buletinul Construcţiilor.

Art. 4.- Direcţia Programe de Cercetare şi Reglementări Tehnice va duce la îndeplinire prevederile prezentului ordin.

MINISTRU

NICOLAE NOICA

GHID DE REDACTARE A HĂRŢILOR DE RISC LA ALUNECARE A VERSANŢILOR PENTRU ASIGURAREA STABILITĂŢII CONSTRUCŢIILOR INDICATIV GT019-98

Elaborat de:
INSTITUTUL DE STUDII ŞI PROIECTE PENTRU ÎMBUNĂTĂŢIRI FUNCIARE.
I.S.P.I.F.-S.A. BUCUREŞTI

Director tehnic: **Ing. M. Benga**
Şef secţie: **Ing. D. Veliciu**
Responsabil temă: **Ing. R. Şerbănescu**

COLABORATORI:
Prof. dr. ing. E. Marchidanu - **Universitatea Tehnică de Construcţii Bucureşti – Catedra Geotehnică şi Fundaţii**

Coordonat de:
DIRECŢIA PROGRAME CERCETARE ŞI REGLEMENTĂRI TEHNICE
Director: - **Ing. O. Mănoiu**

Responsabil de lucrare MLPAT - **Ing. D. Tudoran**

CUPRINS

1. DATE GENERALE 120

2. METODOLOGIA ELABORĂRII HĂRȚILOR DE RISC LA ALUNECARE A VERSANȚILOR 121

2.1. Elaborarea hărților de risc la alunecare - Etapa I-a 125

2.1.1 Criterii de elaborare a hărților de risc la alunecare 125

2.2. Elaborarea hărților de risc la alunecare - Etapa a II-a 131

2.2.1 Hărți ajutătoare 132

a Harta topografică 132

b Harta geomorfologică 132

c Harta litologică-structurală la contactul rocă de bază cu deluviul 133

d Harta distribuției indicelui structural de alunecare 133

e Harta cu izobate la contactul rocii de bază cu deluviul 136

f Harta cu izopahite a depozitelor deluviale 139

g Harta litologică cu hidroizohipse și harta cu hidroizofreate 139

2.2.2 Secțiuni geologice reprezentative pentru calculul stării de eforturi din versant și al factorului de stabilitate 141

2.2.3 Metode de calcul recomandate pentru evaluarea stării de eforturi din versant și al factorului de stabilitate 142

2.2.4 Alegerea valorilor geotehnice pentru efectuarea calculelor privind starea de eforturi și factorul de stabilitate al versantului 154

2.2.5 Redactarea hărții de risc la alunecare 154

3. INTERPRETAREA HĂRȚILOR DE RISC ȘI EVALUAREA MĂSURILOR DE PREVENIRE A PRODUCERII ALUNECĂRILOR 160

4. MĂSURI ORGANIZATORICE PRIVIND ELABORAREA HĂRȚILOR DE RISC LA ALUNECARE 161

5. BIBLIOGRAFIE 163

1. DATE GENERALE

Sunt numeroase situaţii când, aparent, alunecările de teren se produc pe neaşteptate, surprinzând obiective economice şi grupuri sociale total nepregătite pentru a se proteja în faţa dezastrelor provocate de acestea.

Comparativ cu alte fenomene naturale, generatoare de dezastre, cum sunt cutremurele sau inundaţiile, alunecările de teren pot fi mai bine prognozate deoarece declanşarea lor este precedată de o creştere a stării de eforturi în masa de pământ potenţial alunecătoare, evoluţia stării de eforturi putând fi evaluată şi ţinută sub observaţie cu un grad de precizie satisfăcător.

Modificarea stării de eforturi din versanţi este rezultatul acţiunii simultane a unor factori naturali şi artificiali. Evoluţia stării de eforturi trebuie identificată, monitorizată şi extrapolată pe o perioadă de timp suficient de mare pentru a se putea lua măsuri eficiente de evitare sau diminuare a unor eventuale dezastre ce ar putea fi provocate de alunecările de teren.

Sinteza tuturor evaluărilor privind prognoza stabilităţii versanţilor o constituie harta de risc la alunecare.

Spre deosebire de hărţile alunecărilor existente, care se pot întocmi pe baza observaţiilor directe şi a măsurătorilor efective cu privire la dimensiunile masei de pământ alunecătoare, mecanismul de producere, viteza de alunecare etc., hărţile de risc se redactează pentru alunecări care încă nu s-au produs şi pentru care nu există nici un semn vizibil că ar exista pericolul declanşării acestora.

Hărţile de risc trebuie să oglindească starea de eforturi din versanţi şi valorile factorilor de stabilitate în secţiuni reprezentative, acestea constituind parametrii principali pe baza cărora să se poată aprecia cât de

Elaborat de:	Aprobat de:
INSTITUTUL DE STUDII ŞI PROIECTE PENTRU ÎMBUNĂTĂŢIRI FUNCIARE - I.S.P.I.F.-S.A.	**M.L.P.A.T.** cu ordin nr. 80/N din 19.10.1998

aproape este momentul stingerii limitei de cedare a maselor de pământ la care se pot declanşa alunecările de teren.

Hărţile de risc, dacă sunt corect întocmite, permit adoptarea unor măsuri eficiente de prevenire a dezastrelor potenţiale datorate producerii alunecărilor de teren precum şi luarea unor decizii raţionale cu privire la amplasarea construcţiilor, executarea excavaţiilor etc. fără a fi periclitată stabilitatea versanţilor.

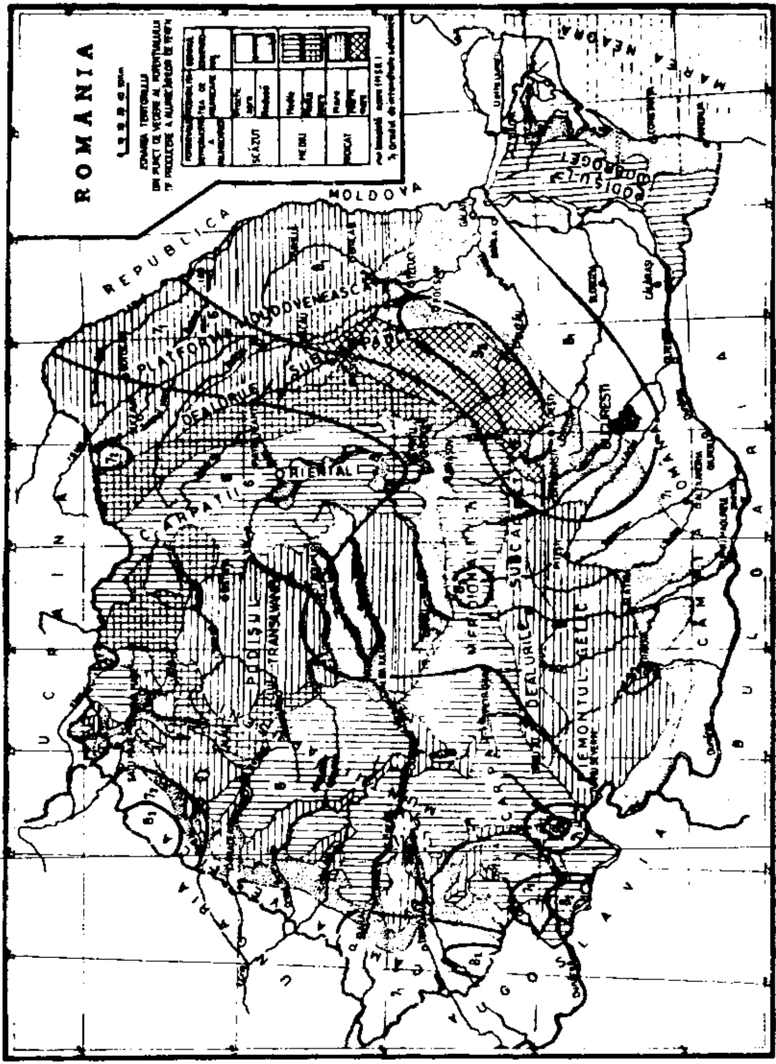
Elaborarea hărţilor de risc privind alunecarea versanţilor reprezintă la ora actuală o necesitate prioritară pentru România, având în vedere existenţa unor arii extinse, cu potenţial ridicat în ceea ce priveşte probabilitatea de declanşare a unor alunecări de teren (ANEXA 1), arii care, în bună parte, se suprapun peste zone cu seismicitate ridicată (ANEXELE 2 şi 3). Riscul de producere a dezastrelor provocate de alunecările de teren este confirmat de numărul relativ mare de obiective economice şi sociale care sunt ameninţate sau frecvent afectate de acest fenomen.

Prezenta propunere de "Ghid de redactare a hărţilor de risc la alunecare" constituie o iniţiativă bazată pe o concepţie proprie, în prezent nefiind cunoscută o altă metodă, fundamentată pe aceleaşi principii, referitoare la acest subiect. În acest context, ghidul care se prezintă este susceptibil de critici care, pentru a fi cât mai valoroase din punct de vedere al obiectivităţii trebuie să fie însoţite de propuneri concrete de soluţii alternative astfel încât "ghidul îmbunătăţit" să poată deveni cu adevărat un instrument de lucru eficient şi absolut necesar pentru zonarea teritoriului României, pe baza hărţilor de risc, privind potenţialul de producere a alunecărilor de teren.

2. METODOLOGIA ELABORĂRII HĂRŢILOR DE RISC LA ALUNECARE A VERSANŢILOR

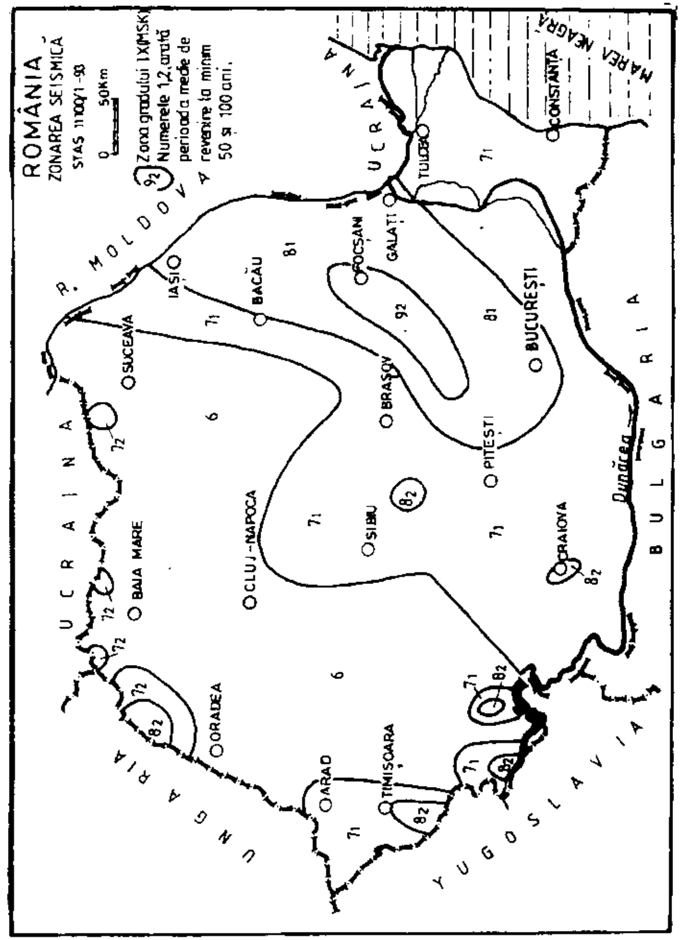
Redactarea unei hărţi de risc la alunecare a unui versant, sau a unei zone limitate din acesta, reprezintă o activitate de cercetare complexă. Aceasta se bazează pe întocmirea prealabilă a unui set de hărţi ajutătoare, aferente principalilor factori care pot juca un rol hotărâtor în menţinerea sau pierderea stabilităţii versantului respectiv, analiza separată a fiecărui factor şi, ulterior, analiza stării de echilibru a versantului în contextul acţiunii simultane a mai multor factori.

ANEXA 1

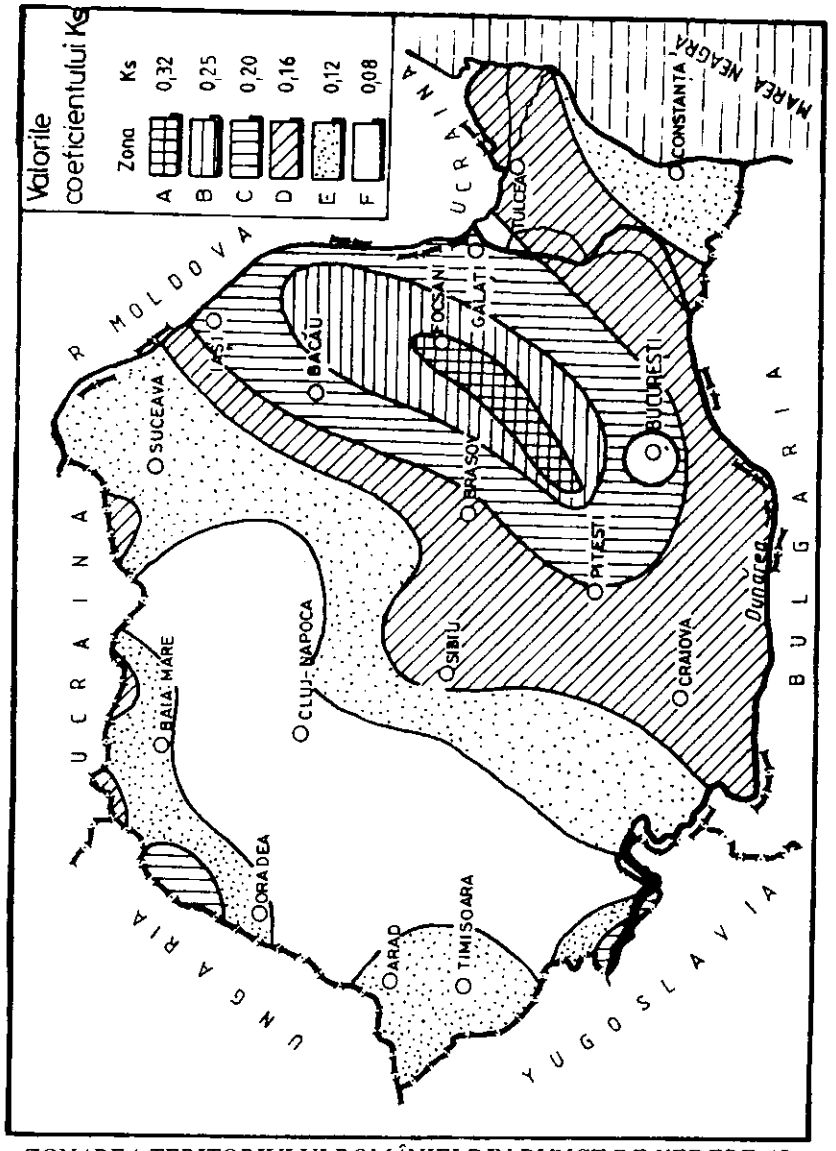


ANEXA 2

ZONAREA MACROSEISMICA A TERITORIULUI ROMÂNIEI DIN PUNCT DE VEDERE AL INTENSITĂȚII CUTREMURELOR, SCARA MSK (SR-11100-93)



ANEXA 3



ZONAREA TERITORIULUI ROMÂNIEI DIN PUNCT DE VEDERE AL COEFICIENTULUI SEISMIC K_s (Normativ P 100-92)

Ca urmare, o hartă de risc la alunecare a unei zone se va elabora pe baza analizei mai multor variante, fiecare variantă corespunzând unor ipoteze care trebuie să reflecte probabilitatea de acțiune reală a unor factori naturali sau artificiali ce pot influența starea de echilibru a versanților studiați.

Elaborarea unei hărți de risc la alunecare trebuie să se desfășoare în două etape, astfel:

2.1. Elaborarea hărților de risc la alunecare - Etapa I-a

Etapa I-a va cuprinde culegerea tuturor informațiilor morfologice, hidrologice, climatice, geologice, geotehnice și hidrogeologice existente în documentațiile întocmite pentru scopuri diverse, aferente perimetrului care se cercetează, precum și cartări geologice inginerești și hidrogeologice foarte detaliate.

Pe baza datelor obținute în această etapă se va întocmi harta de risc la alunecare a zonei cercetate, hartă care de cele mai multe ori poate fi considerată satisfăcătoare pentru scopul în care a fost elaborată.

În funcție de suprafață și complexitatea zonei, hărțile de risc la alunecare - Etapa I-a, se redactează la scări 1:10.000...1:5.000.

2.1.1. Criterii de elaborare a hărților de risc la alunecare - Etapa I-a

La întocmirea hărții de ric cu zonarea teritoriului din punct de vedere al potențialului de producere a alunecărilor de teren s-au luat în considerare mai multe criterii stabilite pe baza unor factori care acționând singular sau în interdependență pot influența decisiv stabilitatea versanților.

Criteriile care se iau în considerare, caracterizarea masivelor de roci potențial alunecătoare, corespunzătoare fiecărui criteriu, estimarea potențialului și probabilității de producere a alunecărilor de teren sunt prezentate sintetic în tabelul nr. 1.

Pentru redactarea hărții de risc din punct de vedere al potențialului de producere a alunecărilor de teren se adoptă următoarea metodologie de lucru:

- Cei opt factori care stau la baza criteriilor de analiză adoptate primesc simbolurile a, b, c...h (Tabelul nr. 1);

Se stabilesc trei grade de potențial cu probabilitatea corespunzătoare de producere a alunecărilor;

- În funcție de potențialul și probabilitatea de producere a alunecărilor se stabilește coeficientul de risc (K), conform tabelului nr. 1;
- Între factorii care controlează producerea alunecărilor de teren, factorii litologic și geomorfologic se consideră ca având rol decisiv;
- Pentru încadrarea unei suprafețe de versant, din punct de vedere al potențialului de producere a alunecărilor de teren, se folosește relația de calcul:

$$K_m = \frac{K_n \cdot K_b}{6}(K_c + K_d + K_e + K_f + K_g + K_h) \qquad [1]$$

- Teritoriul pentru care se întocmește harta de risc la alunecare se împarte în suprafețe poligonale (ANEXA 4) cât mai omogene din punctul de vedere al factorilor folosiți la analiza riscului de alunecare (Tabelul nr. 1).
- Pentru fiecare suprafață poligonală se evaluează valoarea coeficientului de risc (K), corespunzător criteriilor adoptate pentru analiză (a, b ... h).

În final, cu relația [1] se determină coeficientul de risc mediu (K_m) aferent suprafeței poligonale analizate și se redactează harta de risc (ANEXA 4).

Exemple pentru evaluarea potențialului de risc în diverse zone caracteristice de pe teritoriul României

Delta Dunării

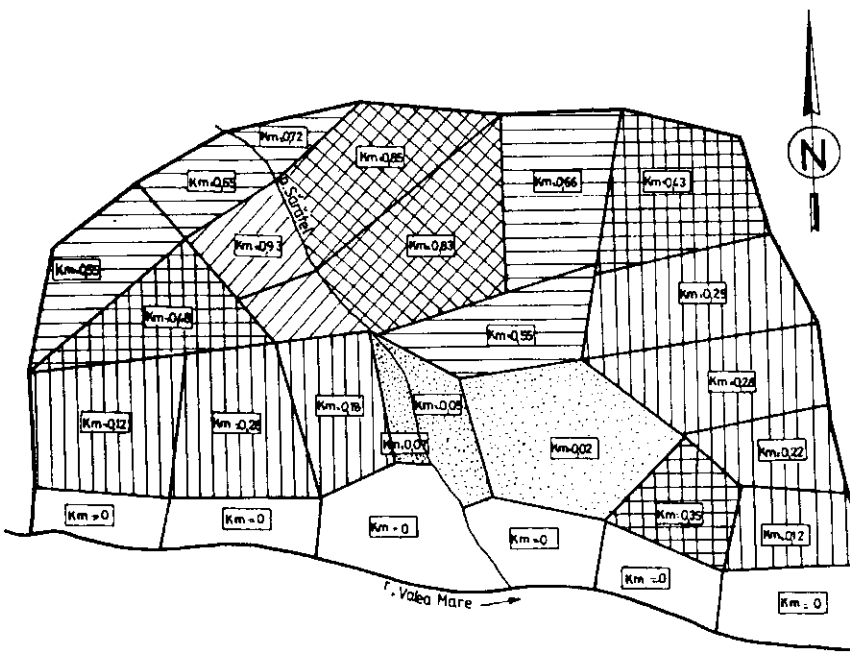
a. Roci moi, neconsolidate ..... $K_a = 1,00$
b. Teren plan, orizontal ..... $K_b = 0$
c. Strate orizontale, în facies deltaic ..... $K_c = 0$
d. Transport hidraulic intens și depuneri de debite solide ..... $K_d = 0,1$
e. Nivelul freatic foarte aproape de suprafața terenului ..... $K_e = 1,00$
f. Zonă macroseismică de gradul 6 - 7 ..... $K_f = 0,50$
g. Vegetație specifică de deltă ..... $K_g = 0,50$
h. Construcții ușoare, rare ..... $K_h = 0$

TABELUL Nr. 1

CRITERII PENTRU ESTIMAREA POTENȚIALULUI ȘI PROBABILITATĂȚII DE PRODUCERE A ALUNECĂRILOR DE TEREN

Nr. crt.	SIMBOLUL	CRITERIUL	POTENȚIALUL DE PRODUCERE A ALUNECĂRILOR (p)					
			SCĂZUT		MEDIU		RIDICAT	
			PROBABILITATEA DE PRODUCERE A LUNECĂRILOR (P) ȘI COEFICIENTUL DE RISC CORESPUNZĂTOR (K)					
			PRACTIC ZERO	REDUSĂ	MEDIE	MEDIE-MARE	MARE	FOARTE MARE
			0	< 0,10	0,10÷0,30	0,31÷0,50	0,51÷0,80	> 0,80
0	1	2	3	4	5	6	7	8
1	a	LITOLOGIC	Roci stâncoase, masive, compacte sau fisurate, nealterate		Majoritatea rocilor sedimentare care fac parte din formațiunea acoperitoare (deluvii, coluvii și depozite proluviale) și din categoria rocilor semistâncoase (roci pelitice stratificate, cum sunt șisturile argiloase, marnele și marnocalcarele, cretele ș. a., rocile metamorfice, îndeosebi șisturile de epizonă și mai puțin cele de mesozonă, puternic alterate și exfoliate, unele roci de natură magmatică puternic alterate ș. a.).		Roci sedimentare detritice neconsolidate -necimentate, de tipul argilelor și argilelor grase, saturate, plastic moi - plastic consistente, cu umflări și contracții mari, argile montmorillonitice, puternic expansive, prafuri și nisipuri mici și mijlocii afânate, în stare submersată, brecia sării etc.
2	b	GEOMOR-FOLOGIC	Relief plan orizontal afectat de procese de eroziune nesemnificative, văile care constituie rețeaua hidrografică, fiind într-un avansat stadiu de maturitate		Relief de tip colinar, caracteristic zonelor piemontane și de podiș, fragmentat de rețele hidrografice cu văi ajunse într-un anumit stadiu de maturitate, mărginite de versanți cu înălțimi medii și inclinări în general, medii și mari.		Relief caracteristic zonelor de deal și de munte, puternic afectat de o rețea densă de văi tinere cu versanți înalți și puternic înclinați, majoritatea văilor fiind subsecvente (paralele cu direcția stratelor).	
3	c	STRUCTURAL	Corpuri masive de roci stâncoase de natură magmatică, roci sedimentare stratificate, cu strate în poziție orizontală, roci metamorfice cu suprafețe de sistuozitate dispuse în plane orizontale.		Majoritatea structurilor geologice cutate și afectate de clivaj și fisurație , structurile diapire, zonele ce marchează fruntea pânzelor de șariaj.		Structuri geologice caracteristice ariilor geosinclinale în facies de flis și formațiunilor de molasă din depresiunile marginale, structuri geologice stratificate, puternic cutate și dislocate, afectate de o rețea densă de clivaj, fisurație și stratificație.	
4	d	HIDROLOGIC ȘI CLIMATIC	Zone în general aride, cu precipitații medii anuale reduse. Debitele scurse pe albiile râurilor, ale căror bazine hidrografice se extind în zonele de deal și de munte, în general sunt controlate de precipitațiile din aceste zone. Pe albiile râurilor predomină procesele de sedimentare, eroziunea producându-se numai lateral în timpul viiturilor.		Cantități moderate de precipitații. Văile principale din rețeaua hidrografică au atins stadiul de maturitate, în timp ce afluenții acestora se află încă în stadiul de tinerețe. În timpul viiturilor se produc atât eroziuni verticale cât și laterale. Importante transporturi și depuneri de debite solide.		Precipitații lente de lungă durată cu posibilitatăți mari de infiltrare a apei în roci. La ploi rapide sunt viteze mari de scurgere cu transport de debite solide. Predomină procesele de eroziune verticală.	
5	e	HIDRO-GEOLOGIC	Curgerea apelor freatice are loc la gradienți hidraulici foarte mici. Forțele de filtrație sunt neglijabile. Nivelul liber al apei freatice se află la adâncime mare.		Gradienții de curgere a apei freatice moderați. Forțele de filtrație au valori care pot influența sensibil starea de echilibru a versanților. Nivelul apei freatice, în general, se situează la adâncimi mai mici de 5 metri.		Curgerea apelor freatice are loc sub gradienți hidraulici mari. La baza versanților, uneori și pe versanți, apar izvoare de apă. Există o curgere din interiorul versanților către suprafața acestora cu dezvoltarea unor forțe de filtrație ce pot contribui la declanșarea unor alunecări de teren.	
6	f	SEISMIC	Intensitate seismică pe scara M.K.S. mai mică de gradul 6.		Intensitate seismică de gradul 6-7.		Intensitate seismică mai mare de gradul 7.	
7	g	SILVIC	Gradul de acoperire cu vegetație arboricolă mai mare de 80%. Păduri de foioase cu arbori de dimensiuni mari.		Gradul de acoperire cu vegetație arboricolă cuprins între 20% și 80%. Păduri de foioase și conifere, cu arbori de vârste și dimensiuni variate.		Gradul de acoperire cu vegetație arboricolă mai mic de 20%.	
8	h	ANTROPOGEN	Pe versanți nu sunt executate construcții importante, acumulările de apă lipsesc.		Pe versanți sunt executate o serie de lucrări (platforme de drumuri și cale ferată, canale de coastă, cariere ș.a.) cu extindere limitată și pentru care s-au executat lucrări corespunzătoare de protecție a versanților.		Versanți afectați de o rețea densă de conducte de alimentare cu apă și canalizare, drumuri, căi ferate, canale de coastă, cariere, supraîncărcarea acestora în partea superioară cu depozite de haldă, construcții grele ș. a. Lacuri de acumulare care umezesc versanții în partea inferioară.	

ANEXA 4



L E G E N D Ă

POTENȚIALUL DE PRODUCERE A ALUNECĂRII	PROBABILITATEA DE ALUNECARE	SEMNUL CONVENȚIONAL
Scăzut	Practic zero Km = 0	
	Redusă Km < 0,10	
Mediu	Medie Km = 0,10 - 0,30	
	Medie mare Km = 0,31 - 0,50	
Ridicat	Mare Km = 0,51 = 0,80	
	Foarte mare Km > 0,80	

Harta de risc la alunecare întocmită pe baza criteriilor corespunzătoare etapei a I-a (Tabelul 1)

Rezultă:

$$K_m = \frac{1 \cdot 0}{6}(0 + 0{,}1 + 1 + 0{,}5 + 0{,}5 + 0) = 0$$

Concluzia: Potențialul de alunecare scăzut, probabilitate de producere a alunecărilor de teren, practic zero.

Zona eruptivului nou din Carpații Orientali

a. Roci vulcanice tari, slab fisurate, cu multe curgeri de lavă și depozite piroclastice ..... $K_a = 0{,}40$
b. Relief puternic accidentat, afectat de o rețea de eroziune în plină desfășurare ..... $K_b = 1{,}00$
c. Curgeri de lavă și depozitele piroclastice în poziție cvasiorizontală ..... $K_c = 0{,}10$
d. Rețea hidrografică cu densitate medie, văi tinere ..... $K_d = 0{,}90$
d. Circulația apei freatice se face în regim nepermanent, permeabilitatea rocilor foarte variabilă ..... $K_e = 0{,}50$
f. Zonă macroseismică de gradul 6 ..... $K_f = 0{,}20$
g. Păduri de conifere, grad de acoperire 60-80% ..... $K_g = 0{,}20$
h. Densitate medie a construcțiilor importante ..... $K_h = 0{,}20$

Rezultă:

$$K_m = \frac{0{,}4 \cdot 1{,}0}{6}(0{,}1 + 0{,}9 + 0{,}5 + 0{,}2 + 0{,}2 + 0{,}2) = 0{,}147$$

Concluzia: Potențial de alunecare mediu, probabilitate de producere a alunecărilor de teren, medie.

Depresiunea precarpatică din zona de curbură a Carpaților Orientali

a. Roci detritice (predomină formațiunile marnoase-nisipoase în facies salifer) ..... $K_a = 1{,}00$
b. Relief accidentat, cu multe fenomene de eroziune torențială ..... $K_b = 1{,}00$
c. Geostructuri puternic cutate și faliate, uneori cu diapire de sare ..... $K_c = 1{,}00$
d. Rețea hidrografică densă, cu caracteristici torențiale și eroziuni puternice ..... $K_d = 1{,}00$

e. Ape freatice puternic drenate de văi torențiale ..... $K_e = 0{,}80$
f. Zonă macroseismică de gradul 8 ..... $K_f = 0{,}90$
g. Gradul de acoperire cu păduri 50% ..... $K_g = 0{,}40$
h. Obiective economico-sociale dezvoltate pe arii extinse (schele petroliere, exploatări subterane de cărbuni și sare, cariere de roci utile ș. a.) ..... $K_h = 0{,}85$

Rezultă:

$$K_m = \frac{1 \cdot 1}{6}(1 + 1 + 0{,}8 + 0{,}9 + 0{,}4 + 0{,}85) = 0{,}825$$

Concluzia: Potențial de alunecare ridicat, probabilitate de producere a alunecărilor de teren foarte mare.

Dacă din analiza hărții întocmită în această etapă va rezulta un risc ridicat de alunecare a versantului, luând în considerare și consecințele unui eventual dezastru pe care acesta îl poate produce, se va trece la redactarea hărții de risc corespunzătoare etapei a II-a.

2.2. Elaborarea hărților de risc la alunecare - Etapa a II-a

Etapa a II-a, pe lângă datele obținute în prima etapă, trebuie să cuprindă în mod obligatoriu lucrări de prospecțiuni (geofizice, foraje, lucrări miniere, teste efectuate *in situ*) și analize geotehnice de laborator, datele obținute contribuind în mod substanțial la creșterea gradului de precizie al hărții de risc care se va fundamenta pe calcule și interpretări mult mai precise.

Crearea unui model optim de analiză care să se apropie cât mai mult de modelul natural este o condiție esențială pentru a conferi hărții de risc eficiența practică scontată.

Principalele hărți ajutătoare pentru elaborarea hărții de risc la alunecare, corespunzătoare etapei a II-a, sunt următoarele:

- Harta topografică;
- Harta geomorfologică;
- Harta litologică-structurală la contactul rocă de bază-formațiune acoperitoare;
- Harta distribuției indicelui structural de alunecare;
- Harta cu izobate la contactul rocă de bază-deluviu;
- Harta cu izopahitele depozitelor deluviale;
- Harta hidrogeologică cu hidroizohipse și hidroizofreate;

Toate hărțile ajutătoare trebuie să fie redactate la aceeași scară cu harta de sinteză, care constituie harta de risc la alunecare.

Pe baza analizei hărților ajutătoare se pot elabora programe suplimentare de cercetare a caracteristicilor geotehnice ale maselor de roci potențial alunecătoare, se întocmesc secțiuni geologice reprezentative pentru calculul stării de eforturi din versant și al factorilor de stabilitate pe secțiunile adoptate.

Harta de risc la alunecare, pentru etapa a II-a, se construiește pe baza diagramelor de variație a forțelor de împingere, corespunzătoare fiecărei secțiuni de calcul, prin corelarea acestora în limitele perimetrului analizat, obținându-se în final o hartă cu izolinii de egală forță de împingere, având în același timp și factorii de stabilitate corespunzători secțiunilor de calcul luate în considerație.

2.2.1. Hărți ajutătoare

a. Harta topografică

Baza de reprezentare a hărților de risc la alunecare o reprezintă harta topografică a zonei considerate.

Scările hărților topografice ce urmează a fi utilizate se aleg în funcție de gradul de detaliere la care se vor redacta hărțile de risc. Hărțile topografice la scările 1:1000...1:5000 sunt recomandate pentru hărțile de risc la alunecare ale zonelor construite.

Pentru alte obiective economice, altele decât cele construite, cum sunt, de exemplu, cuvetele lacurilor de acumulare, terenurile agricole cu plantații de mare valoare (vii, livezi ș. a.) pot fi utilizate hărți topografice la scările 1:5000...1:10000 și, în cazuri de excepție, 1:25000.

Hărțile topografice trebuie să conțină elemente clare de hidrografie, planimetrie și îndeosebi de nivelment.

b. Harta geomorfologică

Harta geomorfologică se redactează pe baza cartării de suprafață. Datele culese în urma cartării se materializează pe harta topografică.

Cartarea geomorfologică trebuie să identifice și să localizeze distribuția depozitelor superficiale de pe versanți (deluvii, coluvii, proluvii, conuri de dejecție) a fenomenelor erozionale, a alunecărilor de teren existente în

diferite faze de evoluție, prezența izvoarelor și emergențelor de apă pe suprafața cercetată ș. a.

O atenție deosebită trebuie acordată alunecărilor de teren existente, acestea constituind cele mai valoroase surse de informare asupra potențialului de alunecare a versanților.

Alunecările identificate trebuie să fie cercetate din punct de vedere al mecanismului de producere, dimensional și evolutiv, în strânsă corelare cu particularitățile geologice-structurale, hidrogeologice, morfologice, climatice ș. a. ale versanților analizați.

c. Harta litologică-structurală la contactul rocii de bază cu deluviul

Harta litologică-structurală (Anexa 5) se referă în exclusivitate la roca de bază. Pe lângă vârsta formațiunilor geologice cercetate este absolut necesară identificarea compoziției litologice și a stării fizice actuale a rocilor cercetate.

Elementele structurale (cute, falii, flexuri ș. a.) și cele microstructurale (suprafețe de stratificație, clivaj, fisurație) trebuie să fie cercetate, identificate și materializate pe hartă, acestea constituind indici foarte valoroși cu privire la eventuale posibilități de producere a alunecărilor pe suprafețe de rupere localizate în complexe litologice aparținând rocii de bază.

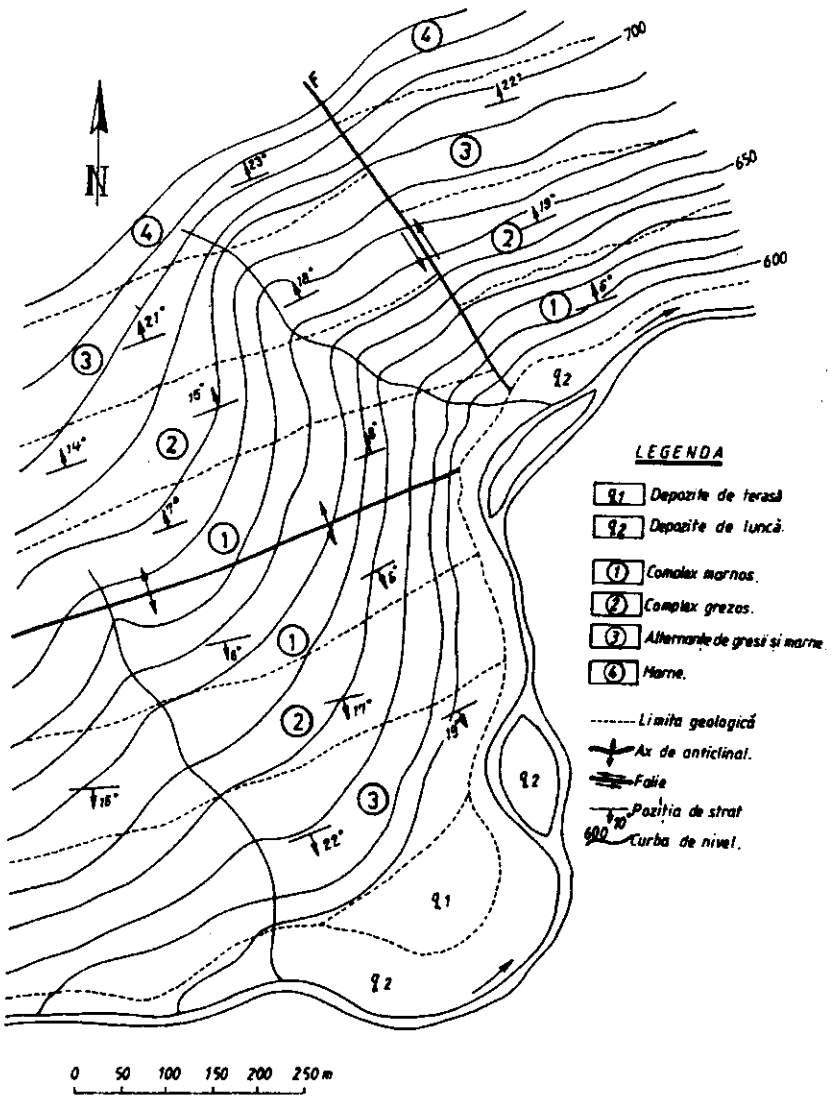
d. Harta distribuției indicelui structural de alunecare la contactul rocii de bază cu deluviul

În această hartă, prin izolinii, se exprimă probabilitatea de alunecare a versantului, pe suprafețele de minimă rezistență situate în interiorul rocii de bază (suprafețe de stratificație, clivaj sau fisurație) precum și pe suprafața de contact dintre depozitele deluviale și roca de bază.

La baza întocmirii acestui tip de hartă stă indicele structural de alunecare, definit ca raportul dintre unghiul aparent de alunecare β' al suprafeței structurale considerate și unghiul de înclinare α al suprafeței versantului.

$$I_a = \frac{\beta'}{\alpha} \qquad (1)$$

HARTA LITOLOGICĂ STRUCTURALĂ LA
LA CONTACTUL ROCII DE BAZĂ CU DELUVIU



Într-un punct de pe suprafața versantului unghiul aparent de înclinare β' al suprafeței structurale, în secțiunea orientată pe direcția liniei de cea mai mare pantă a suprafeței versantului, se determină din relația:

$$tg\beta' = tg\beta \cdot \sin\omega \qquad (2)$$

în care β este unghiul real de înclinare al suprafeței structurale, iar ω unghiul dintre direcția suprafeței structurale și direcția secțiunii geologice de reprezentare.

Unghiul α se determină cu relația: $\alpha = arctg\dfrac{\Delta h}{\Delta l}$ (3)

în care Δh este diferența de cotă, iar Δl distanța dintre curbele de nivel între care se înscrie punctul considerat.

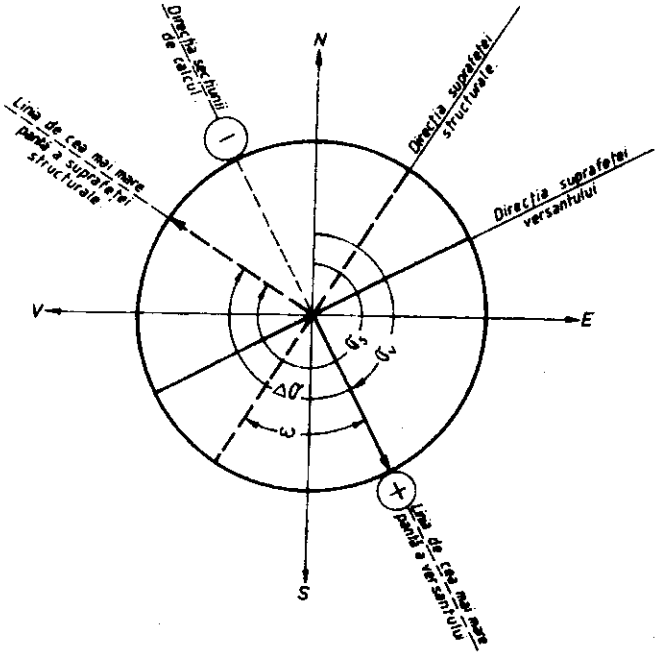


Fig. 1 Schema pentru calculul indicelui de alunecare

Dacă poziția suprafeței versantului și cea corespunzătoare suprafeței structurale se exprimă prin unghiurile azimutale δ_v, respectiv δ_s, ale

înclinării suprafețelor considerate (Fig. 1), unghiul ω se determină cu relația:

$$\omega = |\delta_v - \delta_s| + 90^\circ \qquad (4)$$

Pentru redactarea hărții de distribuție a indicelui structural de alunecare se procedează astfel (ANEXA 6):

- Pe întreaga suprafață de versant care face obiectul întocmirii hărții de risc se trasează o rețea de caroiaj cu ochiuri pătratice. Dimensiunile ochiurilor rețelei se stabilesc în funcție de variațiile morfologice ale suprafeței versantului și de variațiile elementelor structurale ale rocilor cercetate. Se va căuta, pe cât posibil, ca în limitele pătratului în centrul căruia se găsește nodul ochiului de rețea luat în considerație, atât suprafața versantului cât și cea structurală a rocilor să poată fi aproximate ca fiind plane;
- În fiecare nod al rețelei, cu relația (1) se calculează indicele structural de alunecare;
- Prin interpolarea valorilor indicelui structural de alunecare, notate în fiecare nod al rețelei, se trasează curbe de egală valoare a acestui indice.

Pe baza indicelui structural de alunecare, versantul analizat poate fi zonat din punct de vedere al gradului de risc la alunecare pe suprafețe structurale plane, de minimă rezistență (ANEXA 6).

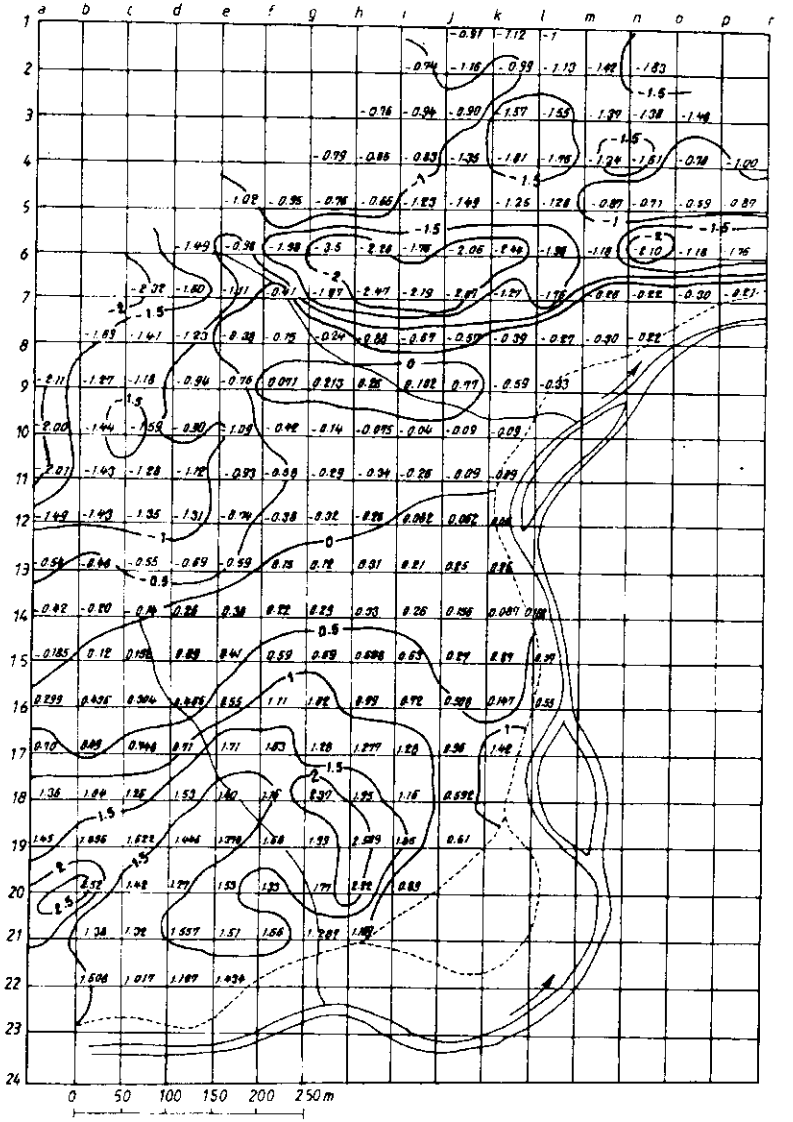
e. Harta cu izobate la contactul rocii de bază cu deluviul

Pentru redactarea hărții cu izobate a suprafeței de contact dintre roca de bază și deluviu este necesară cunoașterea cotelor absolute ale acestei suprafețe într-un număr optim de puncte distribuite cât mai uniform în limitele zonei cercetate.

Aceste cote se obțin, în primul rând, prin măsurători topografice în zonele de afloriment ale rocii de bază, precum și din materialele documentare existente: foraje, puțuri, diverse excavații pentru construcții etc. efectuate anterior.

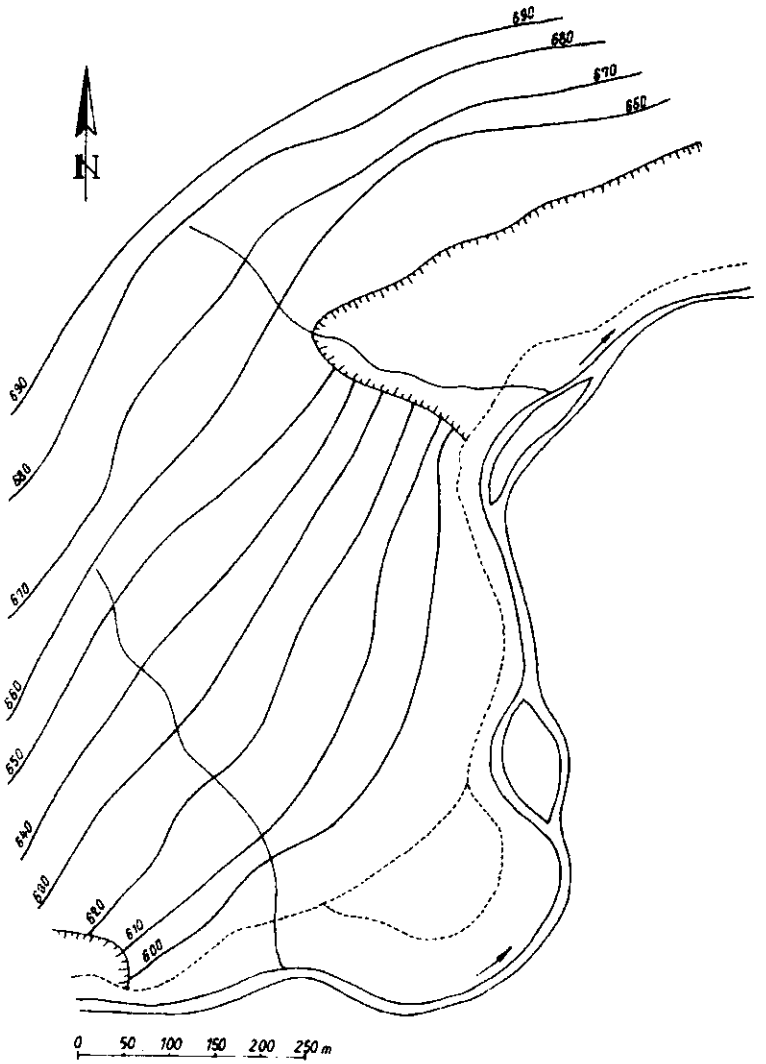
În urma inventarierii punctelor pentru care există cote, și trecerii acestora pe hartă, dacă este necesar, se întocmește un program de completare a acestor date prin executarea unor lucrări noi de prospecțiuni (foraje, șanțuri, penetrări, prospecțiuni geofizice ș. a.) astfel încât să se dispună de un minim necesar de puncte care să permită întocmirea hărții cu izobate.

HARTA DISTRIBUȚIEI INDICELUI STRUCTURAL DE ALUNECARE LA CONTACTUL ROCII DE BAZĂ CU DELUVIUL



ANEXA 7

HARTA CU IZOBATE LA CONTACTUL ROCII DE BAZA CU DELUVIU



În mod obligatoriu harta cu izobate se va construi la aceeaşi scară cu harta topografică, iar echidistanţa izobatelor va fi identică cu echidistanţa curbelor de nivel de pe harta topografică.

f. Harta cu izopahite a depozitelor deluviale

Având harta topografică şi harta cu izobatele suprafeţei de contact dintre roca de bază şi deluviu, harta cu izopahite se construieşte uşor, prin suprapunerea celor două hărţi întocmite în prealabil.

Harta cu izopahitele depozitelor deluviale este necesară şi foarte utilă pentru evaluarea suprafeţelor potenţiale de rupere pe care este posibil să se producă alunecări de teren (ANEXA 8).

g. Harta hidrogeologică cu hidroizohipse şi harta cu hidroizofreate

Prezenţa apei şi dinamica curgerii apei în versant au rol extrem de important în modificarea stării de echilibru a acestuia.

Evaluarea potenţialului de risc la alunecare a unui versant include în mod obligatoriu redactarea hărţii hidrogeologice a acviferului freatic.

Pentru redactarea hărţii hidrogeologice sunt necesare cote absolute ale nivelului hidrostatic, măsurate într-un număr optim de puncte, într-un interval de timp cât mai scurt, corespunzător aceloraşi condiţii meteorologice şi hidrologice.

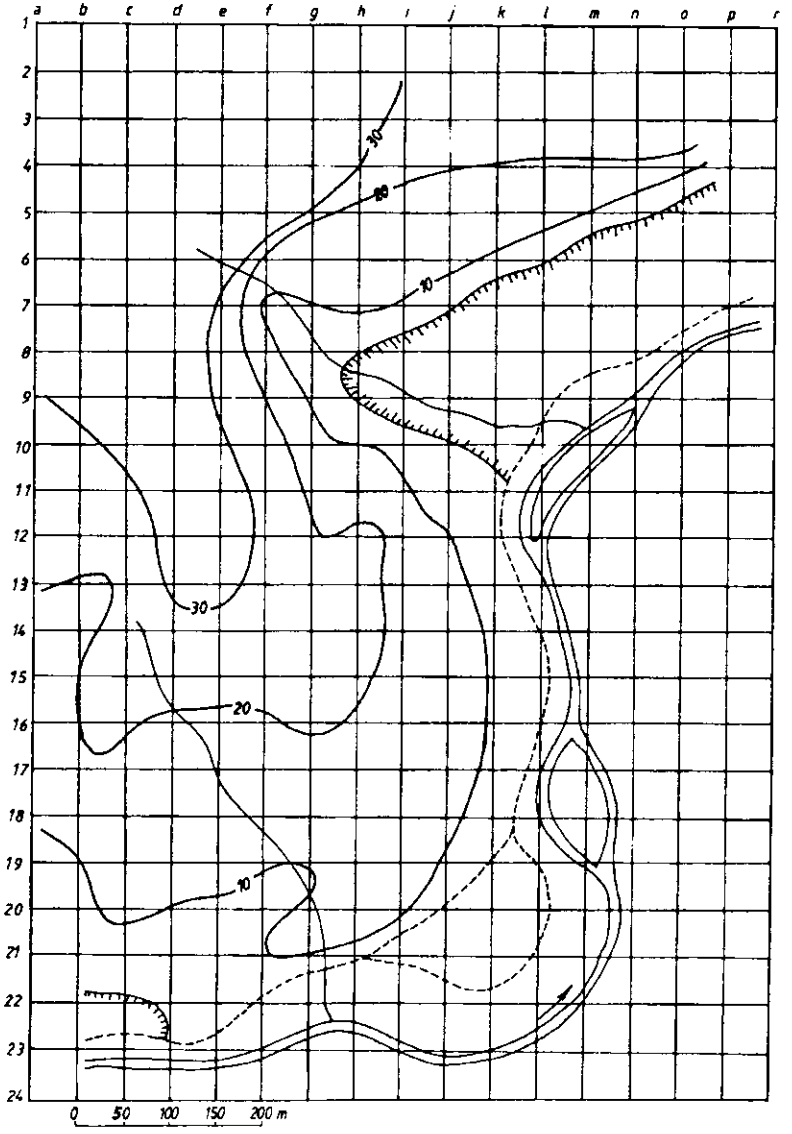
În cazul în care numărul de puncte existente în care se poate măsura cota nivelului apei subterane (foraje de observaţii din reţeaua hidrogeologică, puţuri sătesti, izvoare ş. a.) nu este satisfăcător, se va executa un număr corespunzător de foraje piezometrice, care să permită obţinerea unui volum minim de date cu privire la cotele suprafeţei libere a acviferului freatic.

Pentru a putea redacta harta cu hidroizobate (linii de egală adâncime a suprafeţei freatice sub suprafaţa terenului), este obligatoriu ca harta cu hidrizohipse (linii de egală cotă a suprafeţei libere a acviferului freatic) să se întocmească la aceeaşi scară cu harta topografică, iar echidistanţa dintre hidroizohipse să fie identică cu cea dintre curbele de nivel.

Prin suprapunerea hărţii cu hidroizohipse peste harta topografică se întocmeşte harta cu izofreate.

ANEXA 8

HARTA CU IZOPAHITE
A DEPOZITELOR DELUVIALE



Aceste hărți oferă o imagine foarte sugestivă a distribuției apei subterane în versant, precum și a unor parametri foarte importanți utilizați în calculele de stabilitate (gradienți hidraulici, forțe de filtrație, grad de umiditate, volume de rocă imersată, posibilități de producere a fenomenelor de antrenare hidrodinamică etc.).

2.2.2 Secțiuni geologice reprezentative pentru calculul stării de eforturi din versant și al factorului de stabilitate

Alegerea aliniamentelor după care se întocmesc secțiunile geologice de calcul constituie o problemă foarte importantă pentru evaluarea stabilității unui versant.

Secțiunile geologice de calcul trebuie să îndeplinească câteva condiții esențiale:

- să fie orientate după direcția de acțiune a eforturilor rezultante maxime; iar în cazul în care această direcție nu este cunoscută, se vor orienta secțiunile după linia de cea mai mare pantă a versantului;
- scările orizontală și verticală de reprezentare să fie identice;
- scara de reprezentare să fie astfel aleasă încât să permită redarea elementelor dimensionale cu suficientă precizie;
- stabilirea poziției contactului dintre roca de bază și deluviu să fie bine argumentată. Toate elementele litologice și structurale ale rocii de bază (natura petrografică a rocilor, suprafețele de stratificație, clivaj, fisurație, falii, suprafețe de discordanță etc.) să fie corect reprezentate. De asemenea este importantă delimitarea zonei dezagregate și intens alterate de la partea superioară a rocii de bază;
- separarea tipurilor de pământuri din cuvertura deluvială, pe criterii de granulozitate și plasticitate;
- trasarea nivelului hidrostatic al pânzei freatice, corespunzător fiecărei ipoteze de calcul;
- trasarea suprafeței probabile de rupere de la baza alunecării, corespunzătoare fiecărei ipoteze de calcul;
- stabilirea valorilor geotehnice de calcul (greutate volumetrică, rezistență la tăiere, presiunea apei din pori) pe toată lungimea suprafeței de rupere, diferențiat pe tipuri litologice intersectate de suprafața respectivă de rupere.

2.2.3 Metode de calcul recomandate pentru evaluarea forțelor de împingere din versant și a factorului de stabilitate

Există o gamă largă de metode de calcul prin care să poată fi evaluată starea de echilibru a unui versant, alegerea acestora fiind opțională.

Pentru evaluarea mărimii și distribuției forțelor de împingere dintr-un versant și a factorului de stabilitate la alunecare sunt recomandabile metodele care iau în considerație suprafețe de alunecare de formă oarecare.

Astfel de metode, cu largă aplicabilitate în practica geologică inginerească și geotehnică, sunt: metoda dreptei limită, metoda Janbu și metoda elementului finit.

Primele două metode permit calculul stării de eforturi și a factorului de stabilitate în secțiuni plane verticale. Metoda elementului finit permite efectuarea calculului pe modele spațiale.

Metoda dreptei limită este mai ușor de aplicat, calculele, care de obicei se fac cu ajutorul calculatorului, putând fi efectuate, relativ ușor, și manual.

Metoda Janbu este mai complexă, calculele se efectuează cu ajutorul calculatorului, dar pot fi efectuate și manual însă necesită un volum mai mare de muncă datorită iterațiilor necesare pentru determinarea poziției celei mai probaile suprafețe de alunecare și a factorilor de stabilitate aferenți suprafețelor luate în calcul.

Metoda elementului finit este foarte eficientă, însă necesită atât modele complexe de calcul, de acuratețea cărora depinde obiectivitatea calculelor care se efectuează, precum și mijloace computerizate care utilizează programe adecvate de calcul. Pentru verificarea stabilității locale, în zona prismului activ (Fig. 2) sunt recomandate metode care iau în considerație suprafețe de alunecare de formă circulară (Fellenius, Bishop ș. a.), precum și metode grafice care sunt expeditive și, de cele mai multe ori, satisfăcătoare din punct de vedere al preciziei.

Evaluarea posibilității de producere a alunecărilor pe suprafețe de minimă rezistență, de formă plană, situate în cuprinsul rocii de bază, se face pe baza metodelor de calcul specifice acestor condiții.

În anexele 9, 10, 11 sunt prezentate principiile de calcul geotehnic corespunzătoare metodelor dreptei limită, Fellenius și Bishop (calculul grafo-analitic).

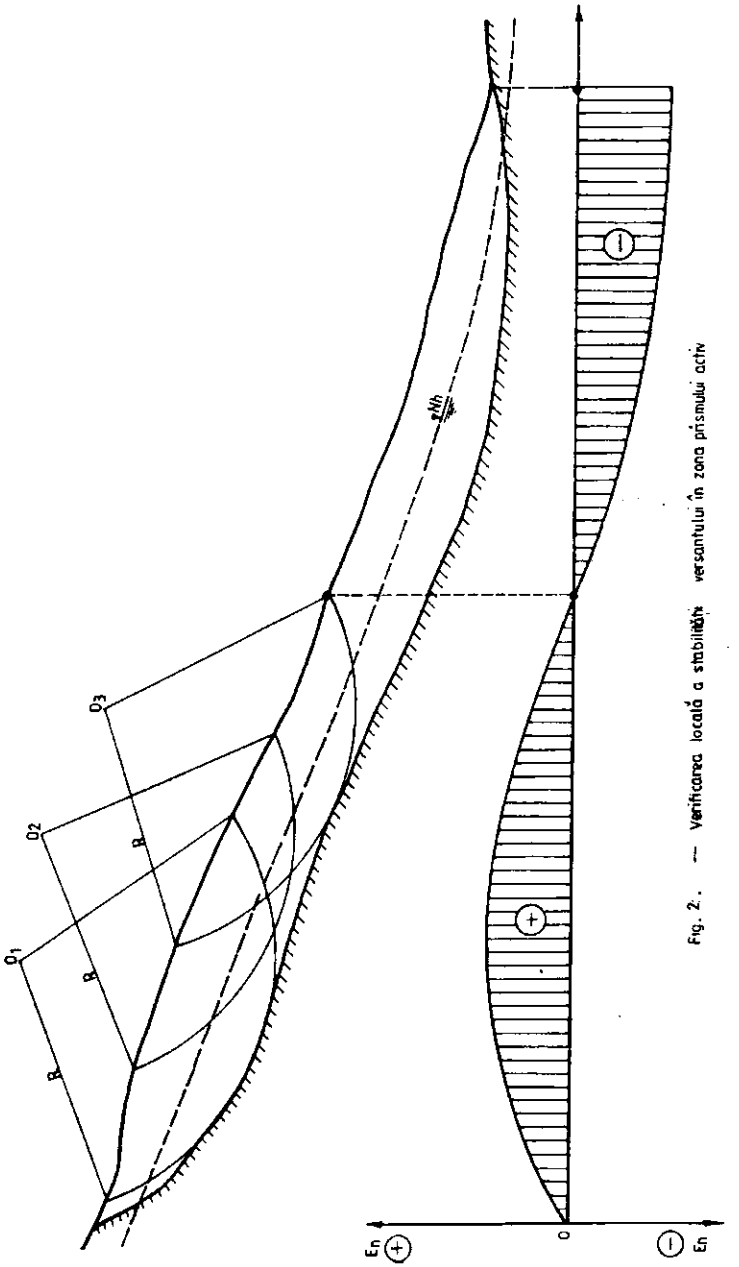


Fig. 2. — Verificarea locală a stabilității versantului în zona prismului activ

METODA DREPTEI LIMITĂ pentru evaluarea forțelor de împingere din masa de pământ potențial alunecătoare și a factorului de stabilitate în secțiunea de calcul

Principiul metodei:

- Metoda dreptei limită permite calculul forțelor de împingere în interiorul masei de pământ potențial alunecătoare și determinarea factorului de stabilitate în secțiuni plan verticale;
- Suprafața probabilă de alunecare se preupune cunoscută și poate avea o formă oarecare;
- Masa de pământ alunecătoare se împarte în fâșii verticale;
- Suprafața de alunecare se asimilează cu o linie frântă formată din segmente care unesc punctele de intersecție dintre limitele care separă fâșiile verticale și suprafața de alunecare;
- Forțele care acționează asupra unei fâșii sunt (Fig. 3): greutatea proprie, rezistența la tăiere a pământului care alunecă, forțele de împingere cu care acționează fâșiile adiacente, presiunea apei din pori, forțele rezultate din acțiunea seismică.

Echilibrul unei fâșii este asigurat când suma forțelor active este mai mică sau cel mult egală cu suma forțelor rezistente.

Ecuația de echilibru a forțelor care acționează asupra întregii mase de pământ potențial alunecătoare, în proiecție orizontală, este:

$$E_\varphi = \Sigma T_i \cos\alpha_i - tg\Phi_i'(N-U)\cos\alpha_i - c'\Sigma l_i \cos\alpha_i + K_s\Sigma W_i \qquad (1)$$

sau:

$$E_n = \frac{1}{2}\Sigma W_i \sin 2\alpha_i - tg\Phi'\Sigma(N-U)\cos\alpha_i - c'\Sigma\Delta x_i + K_s\Sigma W_i \qquad (2)$$

În ecuațiile 1 și 2 E_n este rezultanta forțelor orizontale de împingere pe suprafața verticală care delimitează fâșia n de fâșia n-1.

Cu aceste relații se poate determina mărimea împingerii pământului pe fiecare suprafață verticală care separă două fâșii adiacente.

Mărimea împingerii E_n pe ultima verticală a fâșiei de la baza alunecării indică starea de echilibru a versantului.

Pentru $E_n > 0$, versantul este instabil;

Pentru $E_n = 0$, stabilitatea versantului se află la limita de echilibru;

Pentru $E_n > 0$, versantul este stabil.

Se observă că expresia lui E_n reprezintă ecuația unei drepte prin tăieturi în coordonatele c' și tg Φ', care poate fi pusă sub forma:

$$\frac{c'}{\frac{\frac{1}{2}\Sigma W_i \sin 2\alpha_i + K_s\Sigma W_i - E_n}{\Sigma\Delta x_i}} + \frac{tg\Phi'}{\frac{\frac{1}{2}\Sigma W_i \sin 2\alpha_i + K_s\Sigma W_i - E_n}{\Sigma(N-U)\cos\alpha_i}} \qquad (3)$$

Făcând pe rând, în expresia 3, c' = 0 și tg Φ' = 0, se determină punctele în care dreapta taie axele de coordonate.

Pentru c' = 0,

$$tg\Phi' = \frac{\frac{1}{2}\Sigma W_i \sin 2\alpha_i + K_s\Sigma W_i - E_n}{\Sigma(N-U)\cos\alpha_i} \qquad (4)$$

Pentru tgΦ' = 0,

$$c' = \frac{\frac{1}{2}\Sigma W_i \sin 2\alpha_i + K_s\Sigma W_i - E_n}{\Sigma\Delta x_i} \qquad (5)$$

Pentru calculul factorului de stabilitate se procedează astfel:

În sistemul de axe de coordonate c', tgΦ' se trasează dreapta prin tăieturi cu ajutorul relațiilor 4 și 5 (Fig. 4).

În același sistem de coordonate se marchează punctul M de coordonate tgΦ' și c'.

Prin unirea originii sistemului de coordonate cu punctul M se trasează o dreaptă care intersectează dreapta limită în punctul N.

Factorul de stabilitate reprezintă raportul dintre segmentele de dreaptă OM și ON:

$$F_s = \frac{OM}{ON}$$

Mărimea segmentelor OM și ON se poate determina grafic sau analitic.

Pot apărea trei situații:

- când punctul M se situează sub dreapta limită, $F_s < 1$ și versantul este instabil;
- dacă punctul M se află pe dreapta limită, $F_s=1$, ceea ce înseamnă că versantul se află la limita de echilibru;
- când punctul M se află deasupra dreptei limită, $F_s > 1$ și versantul este stabil.

Un exemplu de calcul pentru schema redată în ANEXA 12 este prezentat în tabelele 2 și 3.

TABELUL Nr. 2

CALCULUL FORȚELOR DE ÎMPINGERE ŞI A FACTORULUI DE STABILITATE PRIN METODA DREPTEI LIMITĂ

(Nivelul pânzei freatice este situat sub baza alunecării)

Simbol	UM	FÂŞIA									Observații
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	
$W_0 = \gamma V$	kN	3108	4884	7585	7970	8325	7631,25	7770	5318,75	2220	Valori geotehnice de calcul γ = 18,5 kN/m^3 γ' = 8,5 kN/m^3 ϕ = 25° tgϕ' =0,466 c' = 20 kPa K_s = 0,10
α	)°	37°	37°	23°	23°	23°	28°	18°	10°	-10°	
0,5 Σ W sin 2α	kN	1493,40	3840,16	6566,96	9429,17	12422,01	15585,16	17869,54	18799,04	18399,42	
N = W_0 cos α	kN	2482,16	3900,53	6982,03	7336,42	7663,20	6737,99	7389,71	5237,94	2186,27	
N cos α	kN	1982,34	3115,10	6426,99	6753,21	7054,01	5949,29	7028,03	5158,36	2153,05	
tg ϕ' N cos α	kN	923,77	1451,63	2994,48	3146,99	3287,17	2772,37	3275,06	2403,79	1003,32	
Σ tg ϕ' N cos α	kN	923,77	2375,40	5370,38	8517,37	11804,54	14576,92	17851,98	20255,77	21259,09	
c' $\Sigma \Delta x$	kN	480	800	1200	1600	2100	2600	3200	3700	4100	
$K_S \Sigma W_0$	kN	310,80	799,20	1557,70	2354,70	3187,20	3950,33	4727,32	5259,20	5481,20	
ΣE_n (Fără seism)	kN	89,63	664,76	- 342	- 688,20	-1482,53	-1591,76	-3182,44	-5176,73	-6959,67	
ΣE_n (Cu seism)	kN	400,43	1463,96	1554,28	1666,50	1704,67	2358,56	1544,88	82,47	-1478,47	

TABELUL Nr. 3

CALCULUL FORȚELOR DE ÎMPINGERE ȘI A FACTORULUI DE STABILITATE PRIN METODA DREPTEI LIMITĂ

(Nivelul pânzei freatice este situat în masa de pământ care alunecă)

Simbol	UM	FÂȘIA									Observații
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	
Δx	m	24	16	20	20	25	25	30	25	20	
h_0	m	7	14	14	13	10	8	5	3,5	3	
$V_1 = h_0 \Delta x$	m^3	168	224	280	260	250	200	150	87,5	60	
h_W	m	0	2,5	6,5	8	8	8,5	9	8	3	
$V_2 = h_W \Delta x$	m^3	0	40	130	160	200	212,5	270	200	60	
$V_0 = V_1 + V_2$	m^3	168	264	410	420	450	412,5	420	287,5	120	
$W_1 = \gamma V_1$	kN	3108	4144	5180	4810	4625	3700	2775	1618,75	1110	
$W_2 = \gamma' V_2$	kN	0	340	1105	1360	1700	1806,25	2295	1700	510	
$W = W_1 + W_2$	kN	3108	4484	6285	6170	6325	5506,25	5070	3318,75	1620	
$W_0 = \gamma V_0$	kN	3108	4884	7585	7970	8325	7631,25	7770	5318,75	2220	
α	)°	37°	37°	23°	23°	23°	28°	18°	10°	-10°	
sin 2α	-	0,961	0,961	0,719	0,719	0,719	0,829	0,588	0,342	-0,342	
0,5 W sin 2α	kN	1493,4	2346,76	2726,80	2865,21	2992,84	3163,15	2284,38	909,50	-379,62	
0,5 Σ W sin 2α	kN	1403,4	3840,16	6566,96	9429,17	12422,01	15585,16	17869,54	18779,04	18399,42	

Valori geotehnice de calcul

γ = 18,5 kN/m^3

γ' = 8,5 kN/m^3

ϕ = 25°

$tg\phi'$ = 0,466

c' = 20 kPa

K_s = 0,10

TABELUL Nr. 3 (continuare)

		1	2	3	4	5	6	7	8	9	
l	m	30,5	20,03	21,72	21,72	27,16	28,31	31,54	25,38	20,31	
cos α	-	0,798	0,798	0,920	0,920	0,920	0,883	0,951	0,985	0,985	
l cos α = Δx	m	24,34	15,98	19,98	19,98	24,98	24,99	29,99	24,99	20,00	
$U = \gamma_W h_W l$	kN	0	500,75	1411,08	1737,60	2172,80	2406,35	2838,60	2030,40	609,30	
$N = W_0$ cos α	kN	2480,18	3897,43	6978,20	7332,40	7659	6738,69	7389,27	5238,97	2186,70	
(N-U) cos α	kN	1979,18	2710,55	5121,75	5147,21	5047,30	3825,19	4327,68	3160,44	1553,74	
tg ϕ' (N-U) cos α	kN	922,29	1263,11	2386,73	2398,60	2352,04	1782,54	2016,70	1472,76	724,04	
tg ϕ' Σ (N-U) cos α	kN	922,29	2125,40	4572,13	6970,73	9322,77	11105,31	13122,01	14594,77	15318,81	
c' Δx	kN	480	320	400	400	500	500	600	500	400	
c' Σ Δx	kN	480	800	1200	1600	2100	2600	3200	3700	4100	
$K_c W$	kN	310,80	448,40	628,50	617,00	632,50	550,60	507,00	331,87	162	
$K_c \Sigma W$	kN	310,80	759,20	1387,70	2004,70	2637,20	3187,80	3694,80	4026,67	4188,67	
ΣE_n (Fără seism)	kN	91,11	854,76	794,83	858,44	999,24	1879,85	1547,53	484,27	-1019,35	
ΣE_n (Cu seism)	kN	401,91	1613,96	2182,53	2863,14	3636,44	5067,65	5242,33	4510,94	3169,32	

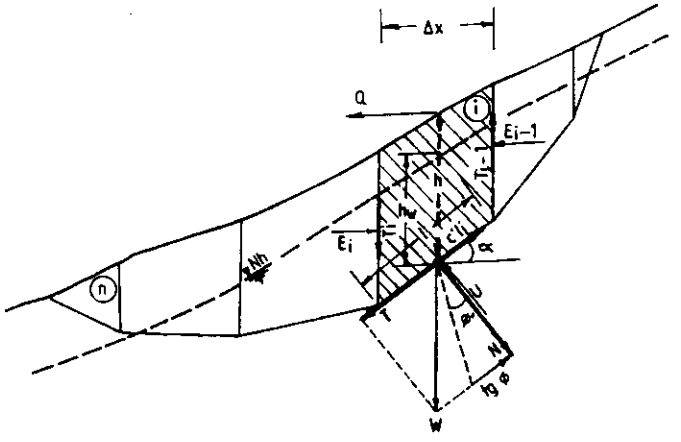


Fig. 3. — Metoda dreptei limită. Distribuția forțelor care acționează asupra unei fâșii.

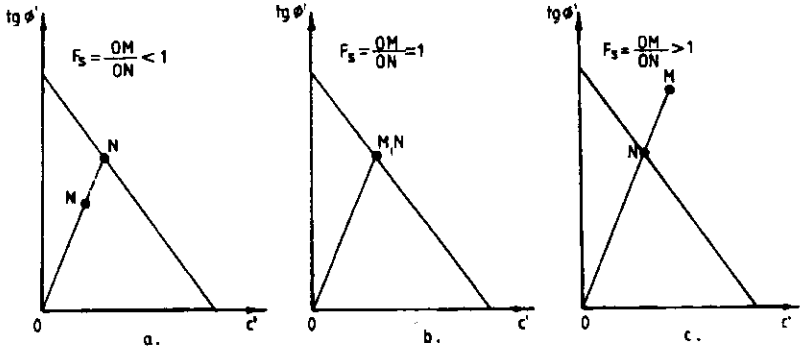


Fig. 4. — Graficele dreptei prin tăieturi.

METODA FELLENIUS

Această metodă admite următoarele ipoteze (Fig. 5):

- alunecarea se produce după o suprafață circular-cilindrică;
- forțele care intră în calcul sunt: greutatea masivului de pământ care alunecă , rezistența la tăiere a pământului, exprimată prin unghiul de frecare interioară și coeziune, presiunea apei din pori și forțele rezultate din acțiunea seismică.

Forțele de frecare dintre fâșii se neglijează ;

- calculul se efectuează în coordonate bidimensionale, în secțiune plan verticală.

Factorul de stabilitate se calculează cu relația:

$$F_s = \frac{\Sigma(N - N_c - U)tg\Phi' + c'\Sigma l}{\Sigma T_{(+)} - \Sigma T_{(-)} + \Sigma T_c} \qquad (6)$$

Semnificația termenilor din relația 6 este redată în Fig. 5.

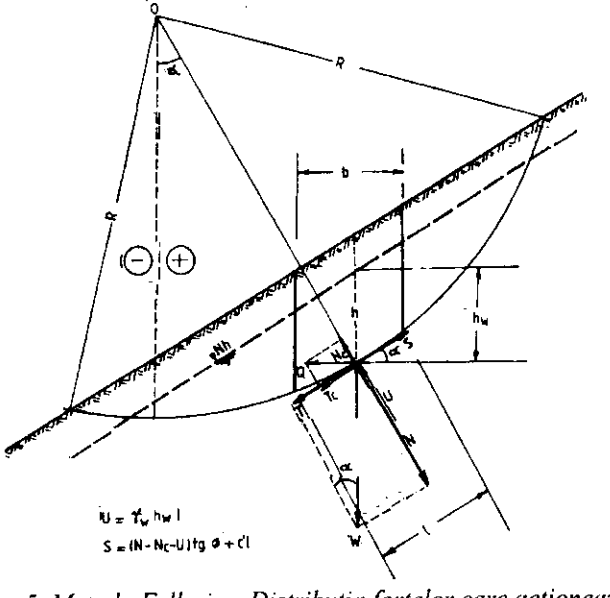


Fig. 5 Metoda Fellerius. Distribuția forțelor care acționează asupra unei fâșii

Pentru un fascicul de suprafețe de alunecare ce trec printr-un punct P de pe suprafața versantului (Fig. 6), poziția centrului corespunzător suprafeței de alunecare, caracterizată prin cel mai mic factor de stabilitate, se determină printr-o succesiune de calcule efectuate pentru fiecare suprafață considerată.

Valorile obținute pentru factorul de stabilitate se notează în punctele corespunzătoare fiecărui centru de calcul și prin interpolare, se trasează izolinii de egală valoare F_s, prin care se localizează centrele suprafețelor de minimă rezistență la stabilitate a versantului (Fig. 6).

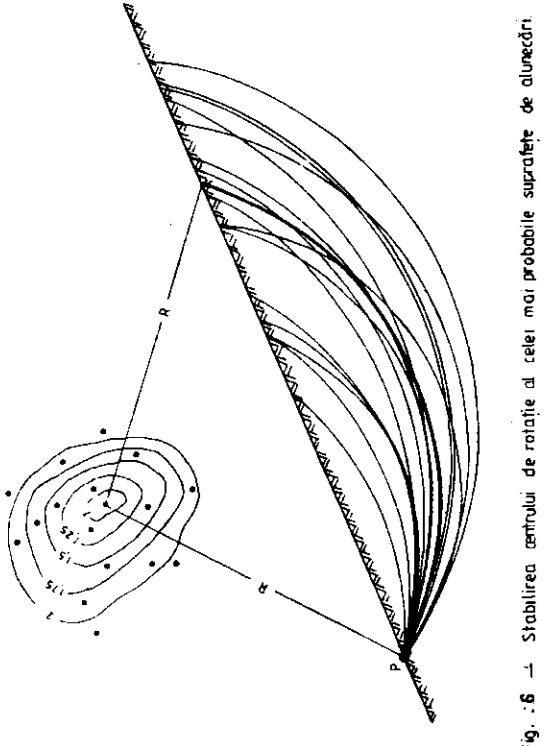


Fig. 6 – Stabilirea centrului de rotație al celei mai probabile suprafețe de alunecări

Pentru versanții alcătuiți din strate de roci cracterizate prin proprietăți geomecanice diferite, forța de greutate a unei fâșii se determină prin luarea în considerare a greutății volumice calculată ca medie ponderată a straterlor de roci din cuprinsul fâșiei respective. Parametrii rezistenței la tăiere Φ' și c' de-a lungul suprafeței probabile de alunecare se vor lua diferențiat, corespunzător fiecărui tip de rocă intersectată de suprafața de alunecare.

METODA BISHOP - CALCULUL GRAFOANALITIC

La baza metodei stau următoarele ipoteze:

- alunecarea se produce după suprafețe circular-cilindrice;
- în timpul alunecării, masa de pământ se fragmentează în fâșii verticale care se mișcă independent;
- asupra fiecărei fâșii, pe lângă forțele luate în considerare în cazul metodei Fellenius, acționează și forțele de la contactul cu fâșiile adiacente p_{n-1} și p_n (Fig. 7) care se descompun în componentele normale E_{n-1}, E_n și tangențiale T_{n-1} și T_n;
- pe suprafața de alunecare se mobilizează rezistența la forfecare:

$$\tau = \frac{\tau_f}{F_s} = \frac{1}{F_s}[(\sigma - u)tg\Phi' + c'] \qquad (7)$$

în care: u este presiunea apei din pori;

Φ' și c' sunt caracteristicile rezistenței la tăiere în eforturi efective.

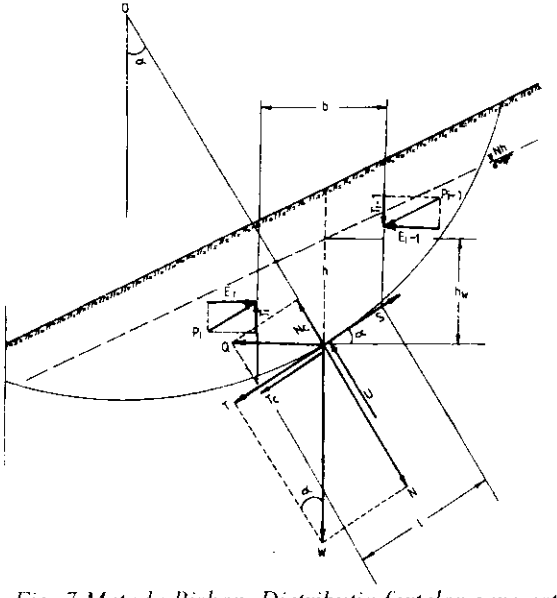


Fig. 7 Metoda Bishop. Distribuția forțelor care acționează asupra unei fâșii

Factorul de stabilitate F_s reprezintă raportul dintre momentul forțelor care se opun alunecării și momentul forțelor care tind să provoace alunecarea și se determină cu ajutorul relației:

$$F_s = \frac{1}{\Sigma T_{(+)} - \Sigma T_{(-)} + T_c} \Sigma \left\{ \left[(W - U) tg\Phi' + c' b \right] \frac{\sec \alpha}{1 + \frac{tg\alpha \cdot tg\Phi'}{F_{so}}} \right\} \qquad (8)$$

Pentru determinarea factorului de stabilitate se procedează astfel:

Se dau valori arbitrare factorului F_{so} din interiorul acoladei și se calculează valoarea factorului F_s din afara acoladei. Operația se repetă până când valoarea lui F_{so} este egală sau foarte apropiată de valoarea lui F_s.

Calculul se poate rezuma la trei încercări, procedând în felul următor:

- se construiește un sistem de axe rectangulare F_{so}-F_s (Fig. 7);
- din originea sistemului de axe se duce o dreaptă Δ bisectoare a unghiului drept al sistemului de axe;
- se dă o valoare arbitrară lui F_{so} și se calculează F_s. Se trece în diagramă punctul M (F_{so}, F_s);
- se dă o nouă valoare lui F_{so} și se calculează F_s, poziția noului punct N (F_{so}, F_s) marcându-se pe grafic;
- dreapta MN (eventual prin prelungire, dacă ambele puncte M și N sunt situate de aceeași parte a bisectoarei Δ) intersectează bisectoarea Δ în punctul P;
- se verifică prin calcul valoarea lui F_s pentru F_{so} corespunzător verticalei ce trece prin punctul P. Din calcul trebuie să rezulte $F_s \approx F_{so}$, care reprezintă factorul de stabilitate al suprafeței de alunecare pentru care s-a efectuat calculul.

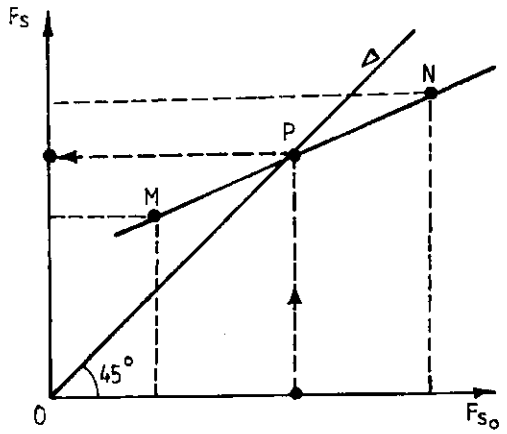


Fig. 8
Determinarea grafică a factorului de stabilitate

2.2.4 Alegerea valorilor geotehnice pentru efectuarea calculelor privind forțele de împingere și factorul de stabilitate al versantului

Eficiența calculelor geotehnice privind forțele de împingere din versanți și factorul de stabilitate corespunzător fiecărei secțiuni de calcul depinde de îndeplinirea a două condiții esențiale:

- obiectivitatea întocmirii secțiunii geologice de calcul, cu identificarea și reprezentarea corectă a elementelor litologice și structurale;
- alegerea valorilor parametrilor geotehnici de calcul, care trebuie să fie cât mai apropiate de cele reale.

Alegerea valorilor geotehnice de calcul trebuie să se facă pe tipuri litologice și în cazul redactării hărților de risc în Etapa a II-a să se bazeze pe analize de laborator efectuate în condiții similare cu cele naturale la care sunt solicitate pământurile din versant.

Totodată trebuie avut în vedere că volumele de lucrări de prospecțiuni și analize de laborator sunt limitate. În aceste condiții, pentru întocmirea schemelor optime și alegerea valorilor geotehnice de calcul, un rol important îl joacă pregătirea și experiența practică a personalului ingineresc care este implicat în elaborarea hărților de risc la alunecare.

2.2.5 Redactarea hărții de risc la alunecare

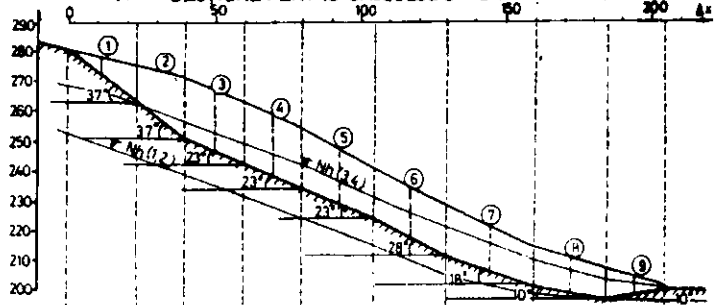
Succesiunea operațiilor de redactare a hărții de risc la alunecare este următoarea:

- Materializarea pe harta topografică a limitelor zonei pentru care se întocmește harta de risc;
- Trasarea aliniamentelor secțiunilor geologice pe care se efectuează calculul forțelor de împingere la contactul dintre fâșii și calculul efortului de stabilitate la alunecare (ANEXA 12);
- Marcarea pe aliniamentul fiecărei secțiuni de calcul a valorilor forțelor de împingere (active) și a valorilor forțelor de rezistență (pasive) calculate (ANEXELE 13, 14, 15, 16);
- Corelarea punctelor de egală valoare a forțelor active și a forțelor rezistente și obținerea unei hărți cu izobare (linii de egală valoare a forțelor de împingere, respectiv de rezistență) care reprezintă harta de risc la alunecare.

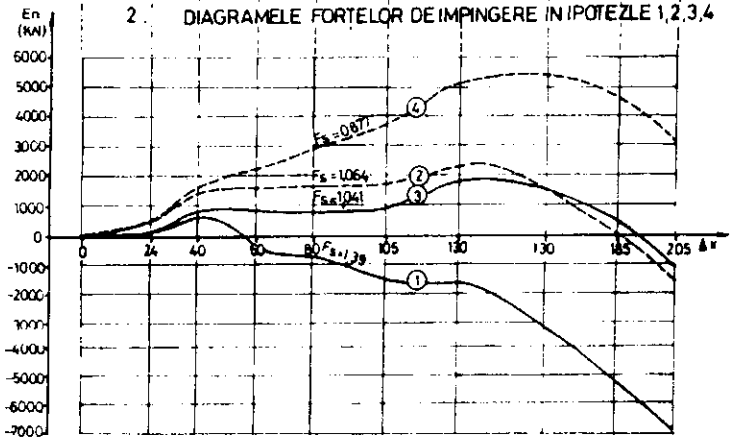
SCHEMA PENTRU CALCULUL STABILITĂȚII UNUI VERSANT ȘI DIAGRAMELE FORȚELOR DE IMPINGERE (IZOBARE) IN IPOTEZELE 1,2,3,4.

ANEXA 12

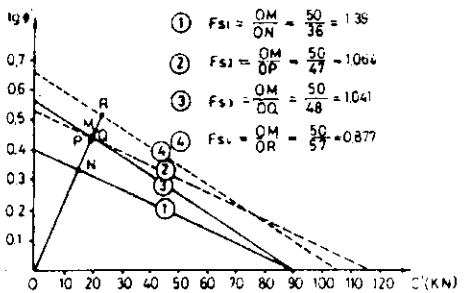
1. SECȚIUNE PENTRU CALCULUL STABILITĂȚII VERSANTULUI



2. DIAGRAMELE FORȚELOR DE IMPINGERE IN IPOTEZLE 1,2,3,4



3 CALCULUL FACTORULUI DE STABILITATE



① $F_{s1} = \frac{OM}{ON} = \frac{50}{36} = 1,39$

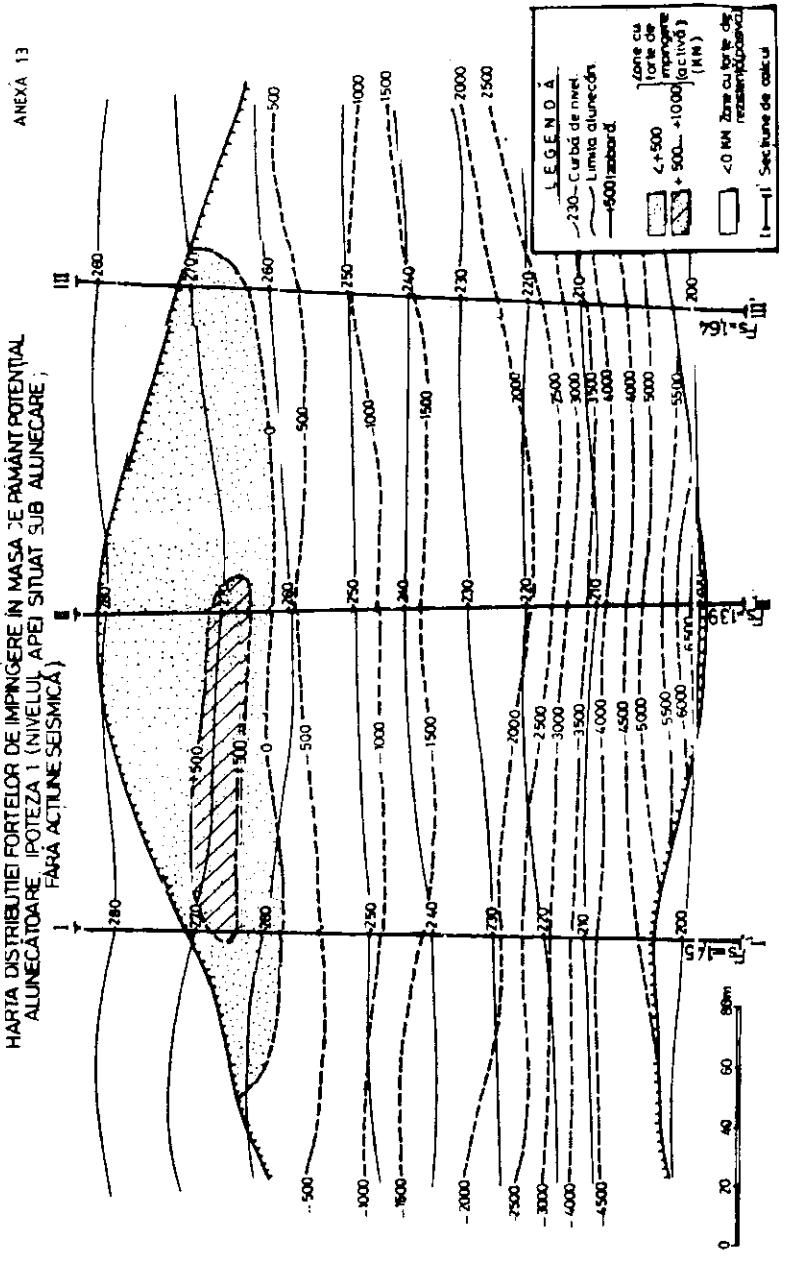
② $F_{s2} = \frac{OM}{OP} = \frac{50}{47} = 1,064$

③ $F_{s3} = \frac{OM}{OQ} = \frac{50}{48} = 1,041$

④ $F_{s4} = \frac{OM}{OR} = \frac{50}{57} = 0,877$

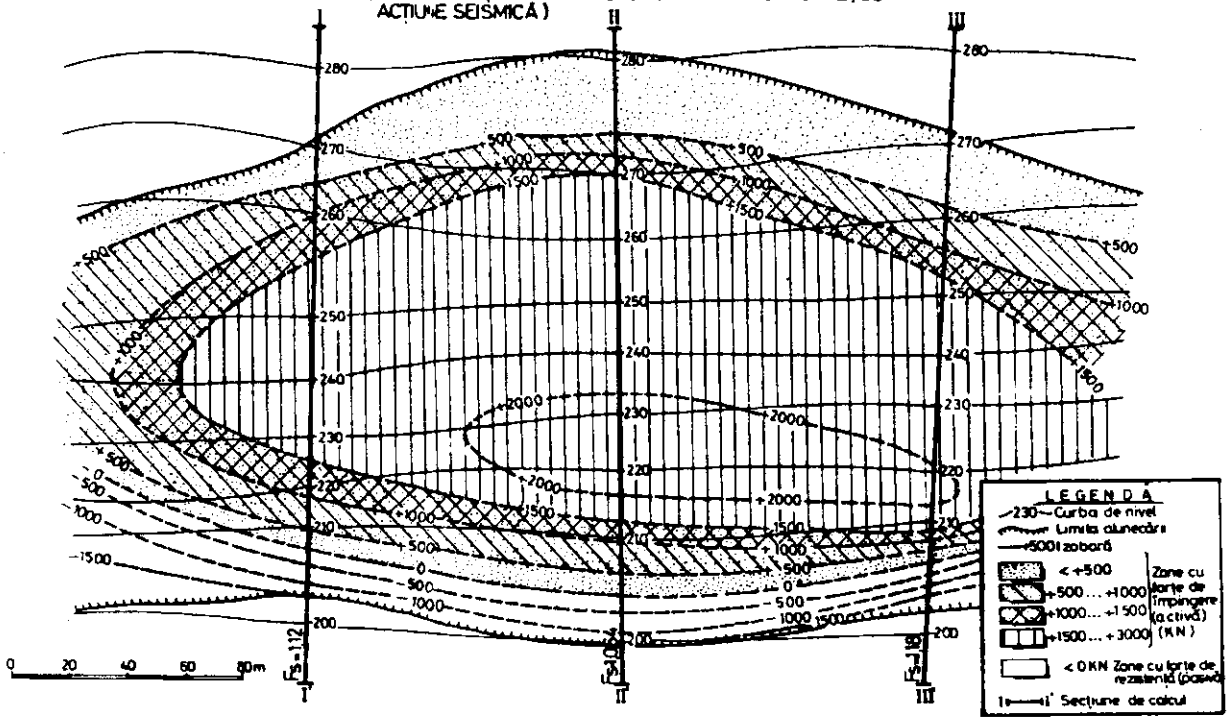
ANEXA 13

HARTA DISTRIBUȚIEI FORȚELOR DE IMPINGERE ÎN MASA DE PĂMÂNT POTENȚIAL ALUNECĂTOARE, IPOTEZA 1 (NIVELUL APEI SITUAT SUB ALUNECARE, FĂRĂ ACȚIUNE SEISMICĂ)



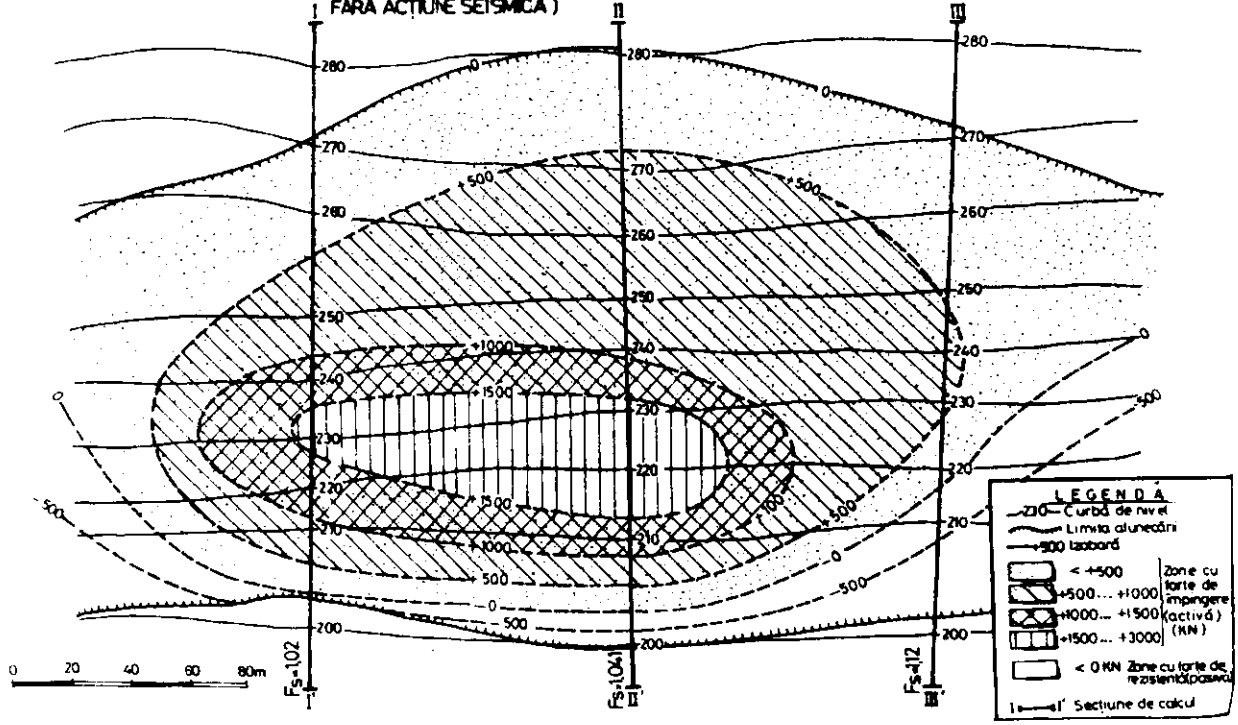
ANEXA 14

HARTA DISTRIBUTIEI FORTELOR DE IMPINGERE IN MASA DE PĂMÂNT POTENTIAL ALUNECĂTOARE. IPOTEZA 2 (NIVELUL APEI SITUAT SUB ALUNECARE; CU ACTIUNE SEISMICĂ)

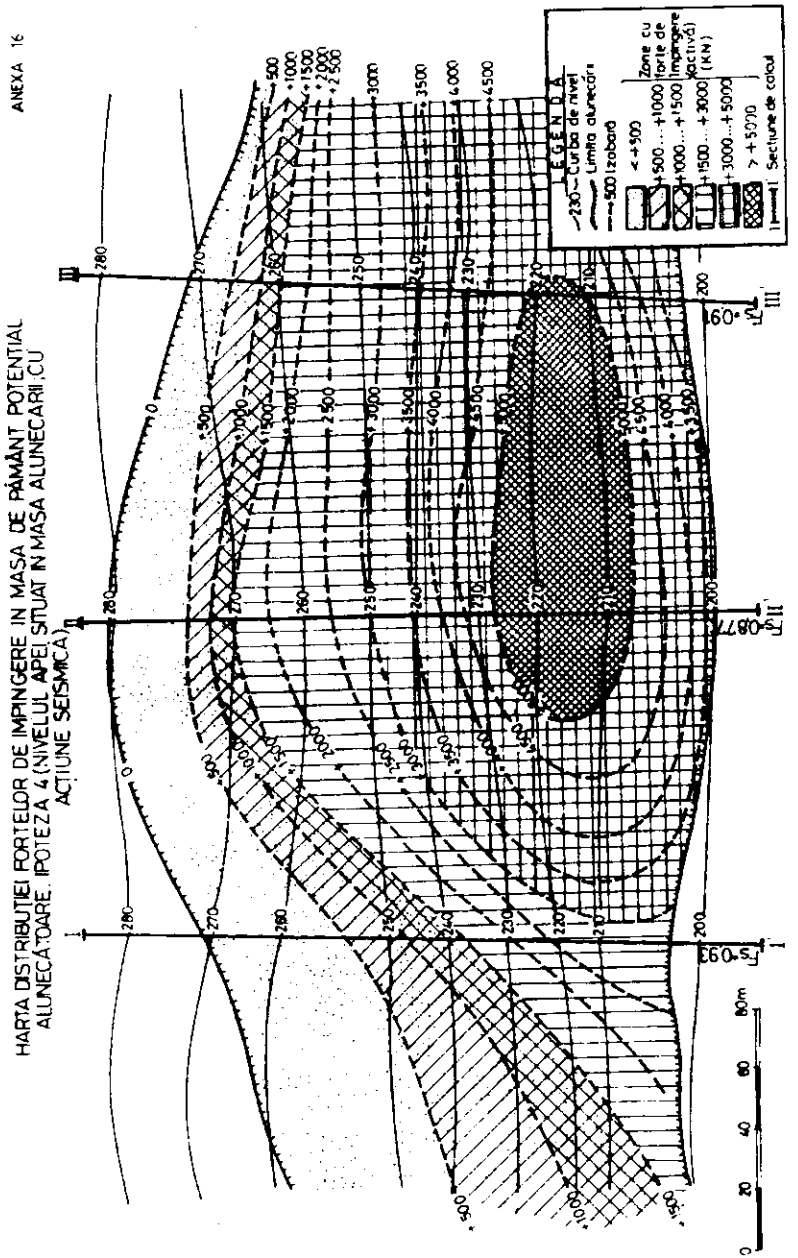


ANEXA 15

HARTA DISTRIBUTIEI FORTELOR DE IMPINGERE IN MASA DE PĂMÂNT POTENȚIAL ALUNECĂTOARE. IPOTEZA 3 (NIVELUL APEI SITUAT IN MASA ALUNECĂRII; FĂRĂ ACTIUNE SEISMICĂ)



ANEXA 16



HARTA DISTRIBUȚIEI FORȚELOR DE ÎMPINGERE ÎN MASA DE PĂMÂNT POTENȚIAL ALUNECĂTOARE. IPOTEZA 4 (NIVELUL APEI SITUAT ÎN MASA ALUNECĂRII CU ACȚIUNE SEISMICĂ)

3. INTERPRETAREA I
MĂSURILOR DE PREVE

Eficacitatea interpretării
de gradul de calificare şi expe
care efectuează această operaț

Din analiza hărții de dis
limitele zonei potențial alun
corespunzătoare diverselor stă
13, 14, 15, 16).

Analiza hărții de risc
condițiilor actuale, (ANEXA

În cazul general, în limit
alunecătoare, se pot separa do

- o zonă de împingere
către partea superioară a v
- o zonă de rezistență, c
baza versantului.

Dimensiunile ariilor celor
versantului.

În urma acțiunii ulterioare
echilibru a versantului se poat

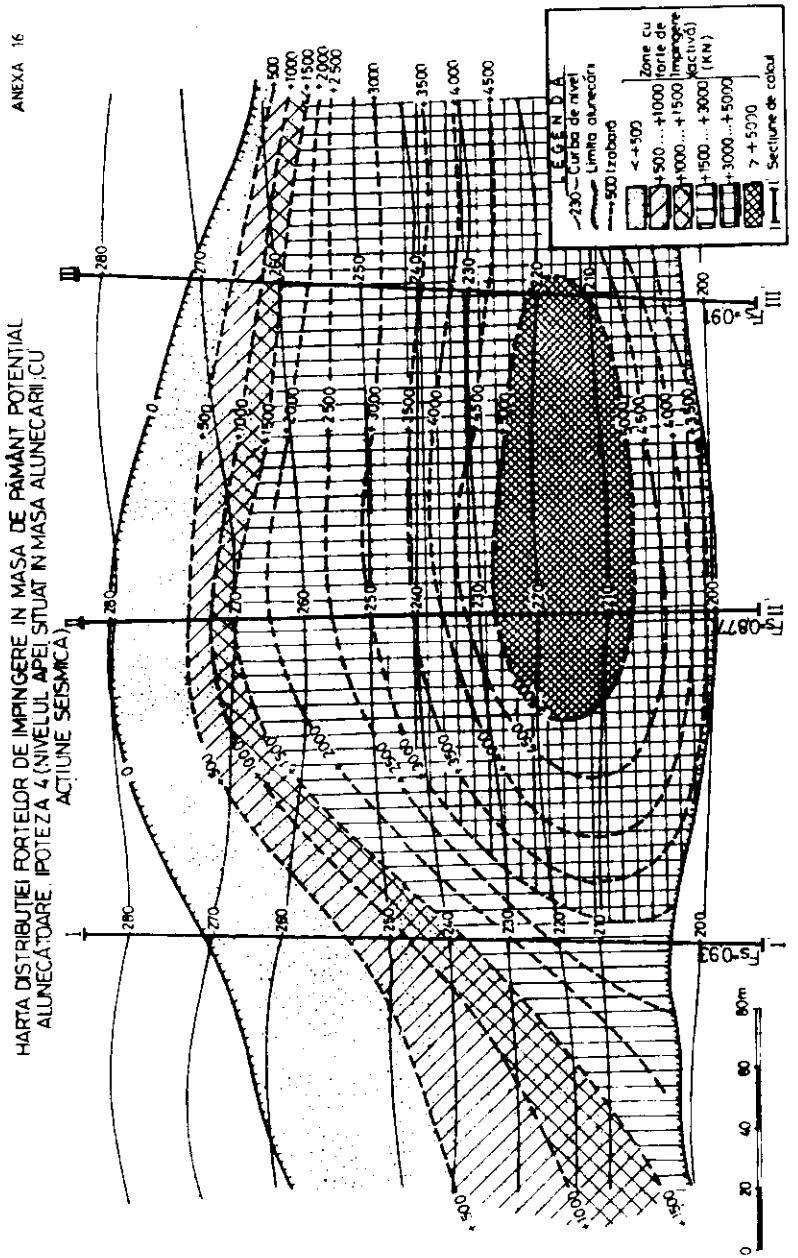
De exemplu, luarea în
diminuarea forțelor rezisten
versantului (ANEXELE 14 şi
materializată prin coborârea
creşterea ariei de împingere în

Aceeaşi tendință de dim
şi în urma creşterii nivelulu
diminuarea accentuându-se d
16).

Starea de eforturi dir
posibilitățile reale de creşte
prismul activ sau în cel de rez

Pentru prognoza stării
hărții cu izobare, corespu
considerare şi a acțiunii sei

ANEXA 16



HARTA DISTRIBUȚIEI FORȚELOR DE ÎMPINGERE ÎN MASA DE PĂMÂNT POTENȚIAL ALUNECĂTOARE. (POTEZA 4 (NIVELUL APEI SITUAT ÎN MASA ALUNECĂRII, CU ACȚIUNE SEISMICĂ)

3. INTERPRETAREA HĂRȚILOR DE RISC ȘI EVALUAREA MĂSURILOR DE PREVENIRE A PRODUCERII ALUNECĂRILOR

Eficacitatea interpretării hărților de risc la alunecare este dependentă de gradul de calificare și experiența practică a personalului tehnic ingineresc care efectuează această operație foarte complexă.

Din analiza hărții de distribuție a forțelor de împingere din versant, în limitele zonei potențial alunecătoare, se pot evidenția o serie de situații corespunzătoare diverselor stări de echilibru ale versantului (ANEXELE 12, 13, 14, 15, 16).

Analiza hărții de risc trebuie să înceapă cu harta corespunzătoare condițiilor actuale, (ANEXA 13).

În cazul general, în limitele atribuite unei suprafețe de versant potențial alunecătoare, se pot separa două zone, delimitate de curba izobară "de zero":

- o zonă de împingere, caracterizată prin izobare pozitive, situată către partea superioară a versantului;
- o zonă de rezistență, caracterizată prin izobare negative, situată către baza versantului.

Dimensiunile ariilor celor două zone sugerează și gradul de stabilitate al versantului.

În urma acțiunii ulterioare a unor factori naturali sau artificiali, starea de echilibru a versantului se poate modifica.

De exemplu, luarea în considerație a acțiunii seismice va conduce la diminuarea forțelor rezistente și implicit a factorului de stabilitate al versantului (ANEXELE 14 și 16), această modificare a stării de efort fiind materializată prin coborârea curbei "de zero" către baza versantului și creșterea ariei de împingere în detrimentul ariei rezistenței la alunecare.

Aceeași tendință de diminuare a stabilității versantului se va înregistra și în urma creșterii nivelului apei subterane din versant (ANEXA 15), diminuarea accentuându-se dacă intervine și acțiunea seismică (ANEXA 16).

Starea de eforturi din versant trebuie analizată în funcție de posibilitățile reale de creștere sau diminuare a sarcinilor distribuite în prismul activ sau în cel de rezistență.

Pentru prognoza stării de echilibru a unui versant, după întocmirea hărții cu izobare, corespunzătoare condițiilor actuale, cu luarea în considerare și a acțiunii seismice, este necesar să se elaboreze hărți cu

izobare cu luarea în considerare a noilor factori care ar putea intra în acțiune, cum sunt de exemplu:

- ridicarea nivelului apei subterane din versant ca urmare a unei perioade lungi de precipitații sau topirea lentă a unei cantități mari de zăpadă, realizarea unor lacuri de acumulare în zonele adiacente versantului analizat, care ar putea modifica condițiile hidrogeologice locale, intrarea în funcțiune a unor sisteme de irigații în zonele de câmp înalt sau terase de la partea superioară a versanților, alimentarea artificială a acviferului din versant prin pierderi de apă din canale de coastă, conducte de alimentare cu apă, rețele de canalizare ş. a.;
- supraîncărcarea versantului la partea superioară, în zona prismului activ al alunecării potențiale, cu sarcini suplimentare (construcții grele, halde de steril etc.);
- diminuarea rezistenței la alunecare, în prismul pasiv, prin excavații diverse la baza versantului (platforme de drumuri sau CF, cariere, canale, etc.) sau erodarea de către râuri a malurilor de la baza versanților.

Analiza hărții de risc la alunecare în varianta condițiilor existente şi a celor preconizate că ar putea exista în viitor, permite stabilirea măsurilor de prevenire a alunecărilor sau, dacă acest lucru nu mai este posibil, a măsurilor de diminuare a dezastrelor ce pot fi provocate de aceste fenomene.

Soluțiile tehnice ce vor fi adoptate pentru prevenirea producerii alunecărilor sau pentru diminuarea pagubelor în cazul unor alunecări iminente, ce nu mai pot fi evitate, depind de natura, amploarea şi viteza cu care factorii noi, destabilizatori, vor intra în acțiune, precum şi de capacitatea de analiză, prognoză şi decizie care aparține personalului tehnic ingineresc care face analiza hărții de risc.

4. MĂSURI ORGANIZATORICE PRIVIND ELABORAREA HĂRȚILOR DE RISC LA ALUNECARE

- În prima etapă, hărțile de risc la alunecare trebuie să devină documente obligatorii pentru toate zonele construite şi cele potențial construibile, urmând ca această acțiune să fie extinsă treptat asupra altor zone cu valoare economică sau strategică importantă, până la acoperirea întregului teritoriu al țării;

- Emiterea avizului de mediu şi autorizației de construire pentru obiective economico-sociale importante trebuie să ia în considerație şi riscul de producere a alunecărilor în amplasamentele pentru care se cer autorizații;
- Elaborarea hărților de risc va fi încredințată instituțiilor de cercetare, societăților şi firmelor care dispun de personal tehnic ingineresc de specialitate şi cu experiență bogată în acest domeniu de cercetare (ingineri geologi şi geologi, geotehnicieni, hidrogeologi, geomorfologi, ingineri cu pregătire corespunzătoare în tehnica calculului automat);
- Specialiştii care urmează să elaboreze hărți de risc la alunecare trebuie să aibă avizul unei comisii abilitate în acest domeniu care să evalueze gradul de pregătire, experiența şi potențialul acestora de a elabora astfel de documentații;
- Acțiunea de elaborare a hărților de risc la alunecare va fi coordonată de Comisia centrală pentru prevenire şi apărare împotriva efectelor seismice şi a alunecărilor de teren, comisie care funcționează în cadrul Ministerului Lucrărilor Publice şi Amenajării Teritoriului, conform unui program fundamentat pe baza solicitărilor primite din partea prefecturilor şi consiliilor județene;
- Hărțile de risc la alunecare se vor reactualiza la intervale de 15-20 ani, în conformitate cu prevederile unor acte normative care trebuie elaborate;
- Elaborarea planurilor şi instalarea echipamentelor şi aparatelor de măsură şi control pentru monitorizarea alunecărilor de teren va avea, în mod obligatoriu, la bază harta de risc la alunecare a zonei respective;
- Prezentul ghid de redactare a hărților de risc la alunecare se va reanaliza în vederea îmbunătățirii după elaborarea primelor hărți de risc, acțiune ce va pune în evidență, cu siguranță, noi aspecte ce vor fi analizate şi implementate în practica elaborării hărților respective.

BIBLOGRAFIE

1. Băncilă, I. et al. **Geologie inginerească vol. 1 şi 2**, Ed. Tehnică, 1981.

2. Florea, M. N. **Alunecări de teren şi taluze**, Ed. Tehnică, 1979.

3. Florea, M. N. **Slope Stability Analysis based on Displacement Signal**, Analele Universităţii Bucureşti, Anii XL-XLI, 1991-1992, Geologie.

4. Fruneau, B., Achache, J. **Satellite Monitoring of Landseides using SAR Interferometry**, News Journal No.3, 1996.

5. Marchidanu, E. **Practica geologică inginerească în construcţii**, Ed. Tehnică, 1987.

6. Marchidanu, E. **Prevenirea alunecărilor şi stabilizarea versanţilor şi malurilor lacurilor de acumulare**, Contract cercetare - Ministerul Apelor, Pădurilor şi Protecţiei Mediului, 1993.

7. Marchidanu, E.etcol. **Studii privind măsurile inginereşti pentru stoparea sau reducerea alunecărilor de teren. Identificarea zonelor din România puternic afectate de alunecări de teren, cu evidenţierea cauzelor lor.** Contract cercetare - Ministerul Apelor, Pădurilor şi Protecţiei Mediului, 1994.

8. Marchidanu, E. **Considerations regarding the Methodology of Elaboration of the Map with Division into Zones of Romania Territory from the Point of View of Landseides Potential.** 10th Danube Europcan Conference on Soil Mechanics and Foundation Engineering, Mamaia, România, 12-15 Septembrie 1995.

9. Marchidanu, E., Sima, N. **Improvement of Stability the Slope of the Volcanic-Sedimentary Rocks by Means of Anchors.** International Symposium on "Anchors in Theory and Practice", Salzburg, Austria, 9-10 Octombrie 1995.

10. Marchidanu, E. **Curs de geologie aplicată în ingineria construcţiilor,** Universitatea Tehnică de Construcţii Bucureşti, 1995.

11. Marchidanu, E.etcol. **Studiul influenţei variaţiei nivelului apei din lacurile de acumulare asupra stabilităţii versanţilor şi posibilităţile de diminuare a riscului de alunecare,** Contract cercetare - Ministerul Apelor, Pădurilor şi Protecţiei Mediului, 1996.

12. Marchidanu, E., Coman, I. **Factorul geostructural, element esenţial în analiza stării de echilibru şi evaluarea riscului de alunecare a versanţilor.** A VIII-a Conferinţă Naţională de Geotehnică şi Fundaţii, Iaşi, 25-28 Septembrie 1996.

13. Marchidanu, E. **Hidrogeologia în ingineria construcţiilor**, Ed. Tehnică, 1996.

14. Marchidanu, E. **Considerations Concerning Stability of Slopes in Zones Inflenced by Storage Basins**, XIth Russian Conference on Rock Mechanics with foreign participance, Sankt Petersburg, 9-11 September 1997.

15. Marchidanu, E. **Lucrări practice de geologie inginerească. Prospecţiune, cartografie, calculul rezervelor de roci utile.** Universitatea Tehnică de Construcţii Bucureşti, 1997.

16. Zamfirescu, F., Comşa, R., Matei, L. **Rocile argiloase în practica inginerească**, Ed. Tehnică, 1985.

17. ISPIF, Univ. Tehnică de Construcţii Bucureşti şi Soc. de Geologie şi Geomecanică "Ştefan Ghica Budeşti". **Ghid privind identificarea şi monitorizarea alunecărilor de teren şi stabilirea soluţiilor cadru de intervenţie în vederea prevenirii şi reducerii efectelor acestora pentru siguranţa în exploatare a construcţiilor, refacerea şi protecţia mediului. Contract cercetare – Ministerul Lucrărilor Publice şi Amenajării Teritoriului, 1996.**