JURCA VASILE Digitally signed by JURCA VASILE Date: 2026.09.11 07:46:14 +03'00'

DONISA DACIAN -FLORIN Digitally signed by DONISA DACIAN-FLORIN

UNIVERSITATEA DIN PETROŞANI
FACULTATEA DE MINE

Nr. contract: **69/22528 din 02.04.2025**
Se solicită decontarea de către **Primăria Orașului Petrila** a sumei de 2.000 lei, reprezentând contravaloarea contractului.

SE APROBĂ,
RECTOR
Prof.univ.dr.ing. Sorin Mihai RADU

CONTABIL ŞEF,
Dr.ec. Adrian MĂCRIŞ

PROCES VERBAL DE AVIZARE INTERNĂ A LUCRĂRILOR DE CERCETARE

Nr. 2860 / 28.04.2025

Comisia de avizare constituită prin Decizia nr. 216 din 11 decembrie 2023, luând în examinare lucrarea de cercetare ştiinţifică universitară cu titlul: *STUDIU DE RISC TEHNOLOGIC PRIVIND STABILITATEA ŞI EVALUAREA RISCULUI DE ALUNECARE PENTRU TALUZURILE/VERSANŢII LACULUI UNEX*, efectuată de colectivul de cadre didactice al Facultăţii de Mine, constată următoarele:

a. Lucrările executate corespund clauzelor contractuale;
b. Cercetările efectuate au la bază metode moderne de investigare, analiză şi proiectare.
c. Nivelul de rezolvare al studiului satisface exigenţele din punct de vedere ştiinţific şi practic obiectivele urmărite.
d. Concluziile lucrării şi principalele rezultate obţinute inclusiv datele tehnice, ştiinţifice, experimentale etc. care să le susţină sunt prezentate în cuprinsul lucrării.

Comisia AVIZEAZĂ FAVORABIL lucrarea şi consideră că poate fi prezentată beneficiarului pentru recepţie.

COMISIA DE AVIZARE,

PREŞEDINTE:
Conf.univ.dr.ing. Ciprian DANCIU .....

MEMBRII:
Prof.univ.habil.dr.ing. Roland MORARU .....

Prof.univ.habil.dr.ing. Ilie ONICA .....

Conf.univ.dr.ing. Emilia DUNCA .....

Conf.univ.dr.ing. Larisa FILIP .....

FACULTATEA DE MINE

Ministerul Educației și Cercetării
UNIVERSITATEA DIN PETROȘANI
Str. Universității, nr. 20, 332006, Petroșani, Hunedoara, ROMÂNIA
Tel: +40 (254) 549 749
e-mail: mine@upet.ro

Centrul de Cercetare în Inginerie Minieră, Mediu și Geologie

STUDIU DE RISC TEHNOLOGIC PRIVIND STABILITATEA ȘI EVALUAREA RISCULUI DE ALUNECARE PENTRU TALUZURILE/VERSANȚII LACULUI UNEX

Contract de prestări servicii nr. 69/22528 din 02.04.2025

RESPONSABIL LUCRARE:

Prof.univ.dr.ing. LAZĂR MARIA.....

COLECTIV DE CERCETARE:

Conf.univ.dr.ing. FAUR FLORIN.....

Șef lucr.dr.ing. APOSTU IZABELA.....

Șef lucr.dr.ing. FISSGUS KLAUS.....

Șef lucr.dr.ing. ȘTEFAN NELU.....

Dr.ing. RADA CONSTANTIN.....

PETROȘANI,
APRILIE 2025

1. Date generale

Prezentul studiu de stabilitate și evaluare a riscului pentru zona de amplasare a viitorului parc Unex, a fost întocmit la cererea beneficiarului, respectiv Primăria Orașului Petrila.

Detaliile cu privire la amenajarea acestui parc sunt cuprinse în documentațiile existente la nivelul Primăriei, respectiv PUZ și încadrare în PUZ, precum și de planurile topografice aferente acestora.

Studiul a fost realizat pe baza documentațiilor puse la dispoziția echipei de cercetare de către beneficiar, la care se adaugă unele documentări și investigații de teren proprii.

Documentările și investigațiile de teren realizate de către echipa de cercetare au avut ca scop clarificarea unor aspecte legate de topografia terenului, geologia (stratigrafia) precum și validarea unor caracteristici fizice și mecanice (determinate și prezentate în cadrul studiului geotehnic) ale rocilor întâlnite în taluzurile marginale.

Documentele de bază, puse la dispoziție de către beneficiar au constat în:

- Plan de încadrare;
- Plan de situație existent;
- Plan de situație pentru varianta propusă;
- Extras din cartea funciară;
- Certificat de urbanism;
- PUZ și încadrare în PUZ;
- Studiu geotehnic.

Terenul face parte din intravilanul județului Hunedoara, orașul Petrila. Terenul aferent viitorului parc Unex este identificat în CF 65375, CF 65232 (suprafața 98376 mp). Din punct de vedere geomorfologic, suprafața investigată este localizată situata în partea de est a Depresiunii Petroșani. Teritoriul administrativ al orașului Petrila este mărginit la est de masivul Șureanu, la nord de Vârful lui Pătru, la sud de masivul Parâng, iar la vest de teritoriul municipiului Petroșani (fig. 1).

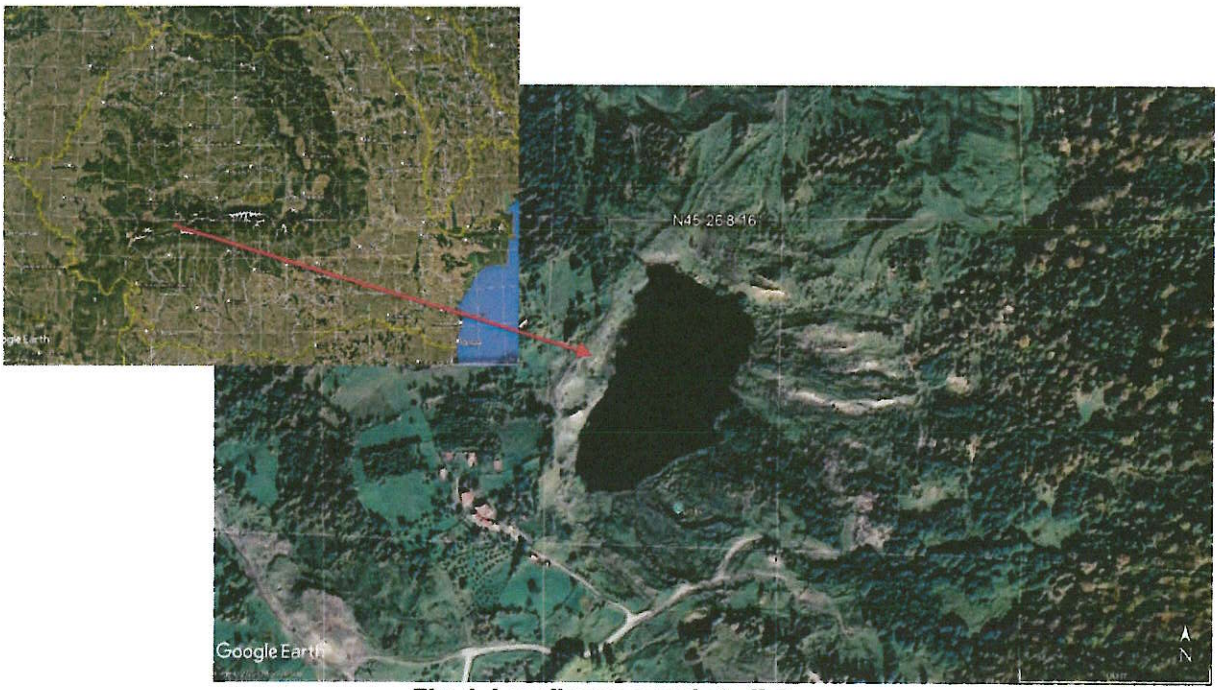


Fig. 1. Localizarea zonei studiate

Geologia zonei este descrisă în cadrul Studiului Geotehnic, pus la dispoziție de beneficiar. Conform Studiului Geotehnic, în zona de amplasare a viitorului parc s-au realizat 3 foraje geotehnice, executate cu o foreză manuală, cu adâncimea maximă de 2,00 m.

Amplasarea terenului și a forajelor geotehnice este prezentată în figura 2.

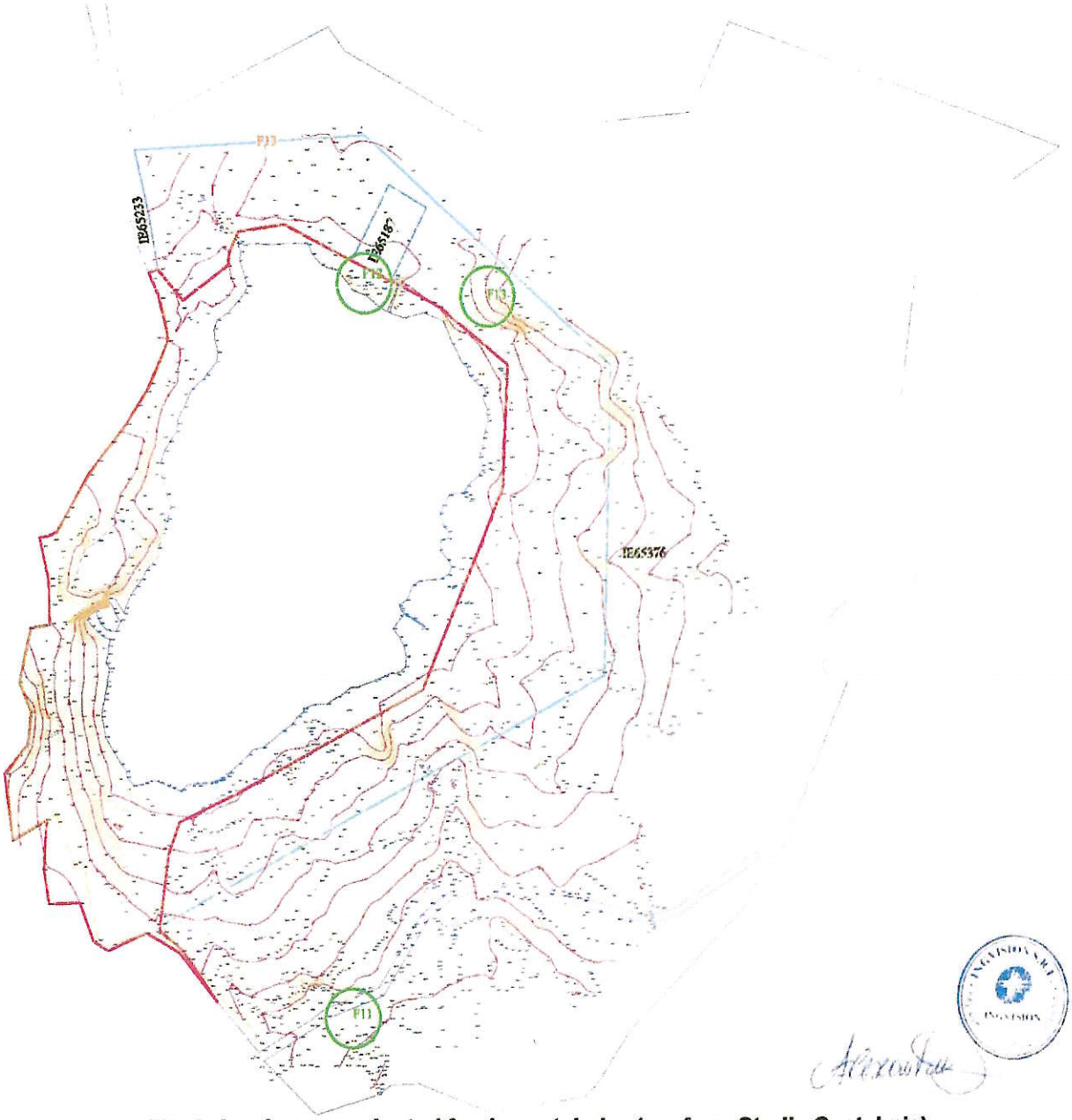


Fig. 2. Amplasarea celor trei foraje geotehnice (conform Studiu Geotehnic)

2. Observații inițiale, condiții restrictive și limitări

a. Cu ocazia vizitelor în teren efectuate s-a constatat că taluzul din partea de S a fost afectat de o alunecare de teren care nu este marcată pe planul de situație (existent) (fig. 3) pus la dispoziție de către beneficiar, motiv pentru care a fost efectuată o nouă deplasare în teren, care a avut ca principal scop măsurarea topografică a acesteia (fig. 4).

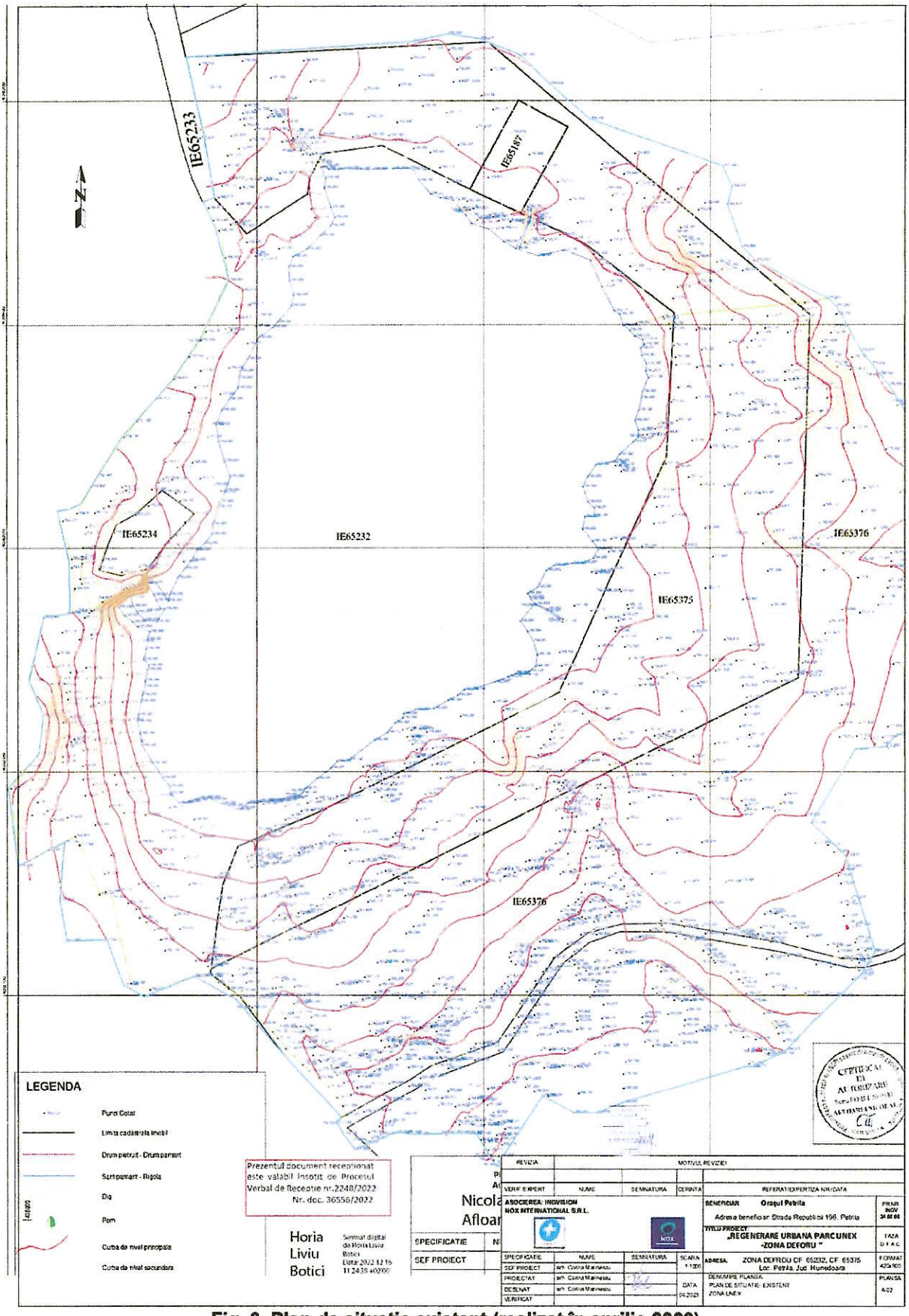


Fig. 3. Plan de situație existent (realizat în aprilie 2023)

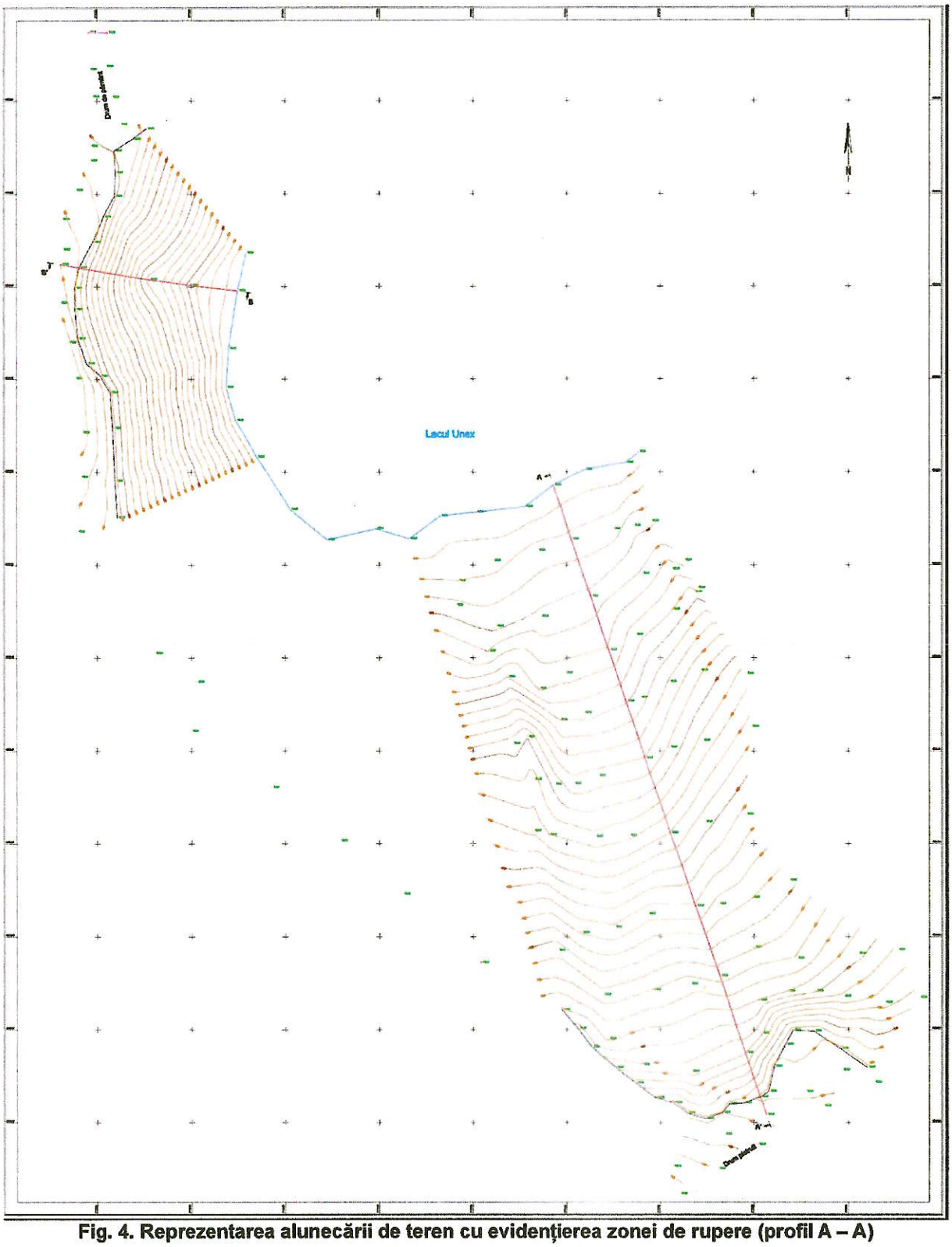


Fig. 4. Reprezentarea alunecării de teren cu evidențierea zonei de rupere (profil A – A)

b. Cu ocazia acestei ultime deplasări în teren au fost prelevate și trei probe de material, una din zona alunecată, una din zona lateral stângă față de alunecare (neafectată) și una din partea de deasupra alunecării. Scopul prelevării acestor probe a fost acela de a fi supuse analizelor de laborator și comparării rezultatelor obținute cu cele conținute de studiul geotehnic pus la dispoziție de către beneficiar.

c. Studiul geotehnic pus la dispoziție de beneficiar nu evidențiază alunecarea de teren menționată și este insuficient pentru efectuarea unor analize de stabilitate complexe. Acest studiu a fost efectuat pentru 3 foraje, iar adâncimea maximă de explorare a fost de 2 m (practic forajele săpate manual s-au opri în momentul în care a fost intersectată roca considerată a fi de bază și identificată ca fiind gresie).

d. În încercarea de a stabili o stratigrafie mai detaliată a zonei (absolut necesară pentru un studiu de stabilitate complex), echipa de cercetare a studiat documentații existente la Universitatea din Petroșani (UP). În acest sens au fost identificate date din foraje de explorare/prospectare realizate la nivelul anilor 80 în apropierea zonei de interes, care au pus în evidență o stratigrafie mult mai complexă. Aceste foraje au identificat mai multe strate diferite de argilă, gresii cu diferite stări de consolidare, dar și strate de marnocalcare.

Prezența marnocalcarelor intercalate cu stratele de gresii prezintă o importanță deosebită, deoarece, în zonele de fragmentare, care în fapt sunt și zone de alterare, și în prezenta apei infiltrate din precipitații, acestea își schimbă cu ușurință starea de consistență, trecând din starea solidă într-o stare plastică. Trecerea în starea plastică favorizează apariția unor deplasări de blocuri sau fragmente de blocuri pe traiectul fisurilor sub forma unor mișcări de translație sau prăbușire, după caz. Aceste deplasări, la rândul lor, se transmit către stratele superioare (acoperitoare) de gresii și argile, rezultatul fiind o alunecare complexă atât ca mecanism de producere și transmitere, cât și ca tipuri de roci implicate.

e. Nu există date disponibile cu privire la eventualele sisteme de fisuri care afectează gresiile și marnocalcarele din alcătuirea taluzurilor și care ar permite o modelare mai realistă a acestora, absolut necesară pentru un studiu de stabilitate relevant, dar și o încadrare a masivului din punct de vedere calitativ (indicele RQD - Rock Quality Designation). O astfel de încadrare ar permite adoptarea unor coeficienți de reducere a caracteristicilor de rezistență mecanică a rocilor ce alcătuiesc taluzurile, în special în cazul gresiilor și marnocalcarelor.

f. În absența acestor date, și având în vedere că studiul geotehnic pus la dispoziție de către beneficiar nu cuprinde determinări ale caracteristicilor de rezistență mecanică pentru rocile identificate ca fiind gresii, colectivul de cercetare a luat în considerare valori ale caracteristicilor fizice și mecanice disponibile în documentațiile UP.

Facem precizarea că, în opinia noastră, aceste valori supraevaluează caracteristicile de rezistență mecanică a rocilor din două motive:

- la momentul realizării forajelor și analizelor de laborator masivul era intact, neafectat de lucrările ulterioare de perforare-împușcare (apariția unor fisuri și/sau dezvoltarea sistemului natural de fisuri), din perioada de exploatare a stratelor de cărbune;
- coloana de roci analizate din foraje nu a fost supusă unor fenomene de alterare, așa cum sunt rocile expuse din taluzurile marginale (expunere la precipitații, variații de temperatură diurne și sezoniere, cicluri îngheț-dezgheț).

g. Imposibilitatea modelării taluzurilor inundate (aflate sub oglinda lacului). Zona de contact a taluzurilor submersate cu cele aflate deasupra nivelului apei este una de interes, având în vedere influența semnificativă pe care o poate avea apa asupra rezervei de stabilitate. În absența datelor cu privire la geometria taluzurilor înainte de inundare, sau a unor date cu privire la geometria actuală a cuvetei lacului (măsurători batimetrice) a fost imposibil pentru echipa de cercetare să modeleze aceste zone de contact și să efectueze analize de stabilitate adecvate.

3. Analize de stabilitate

3.1. Considerații inițiale

Pe planul de situație pus la dispoziție de către beneficiar, a fost suprapusă alunecarea de teren măsurată, iar mai apoi au fost trasate 4 secțiuni prin zonele susceptibile de alunecare (fig. 5). După deplasarea în teren, cu prilejul căreia s-a constatat că au intervenit modificări față de planul inițial, au fost efectuate ridicări topografice în zonele unde de-a lungul timpului s-au produs alunecări.

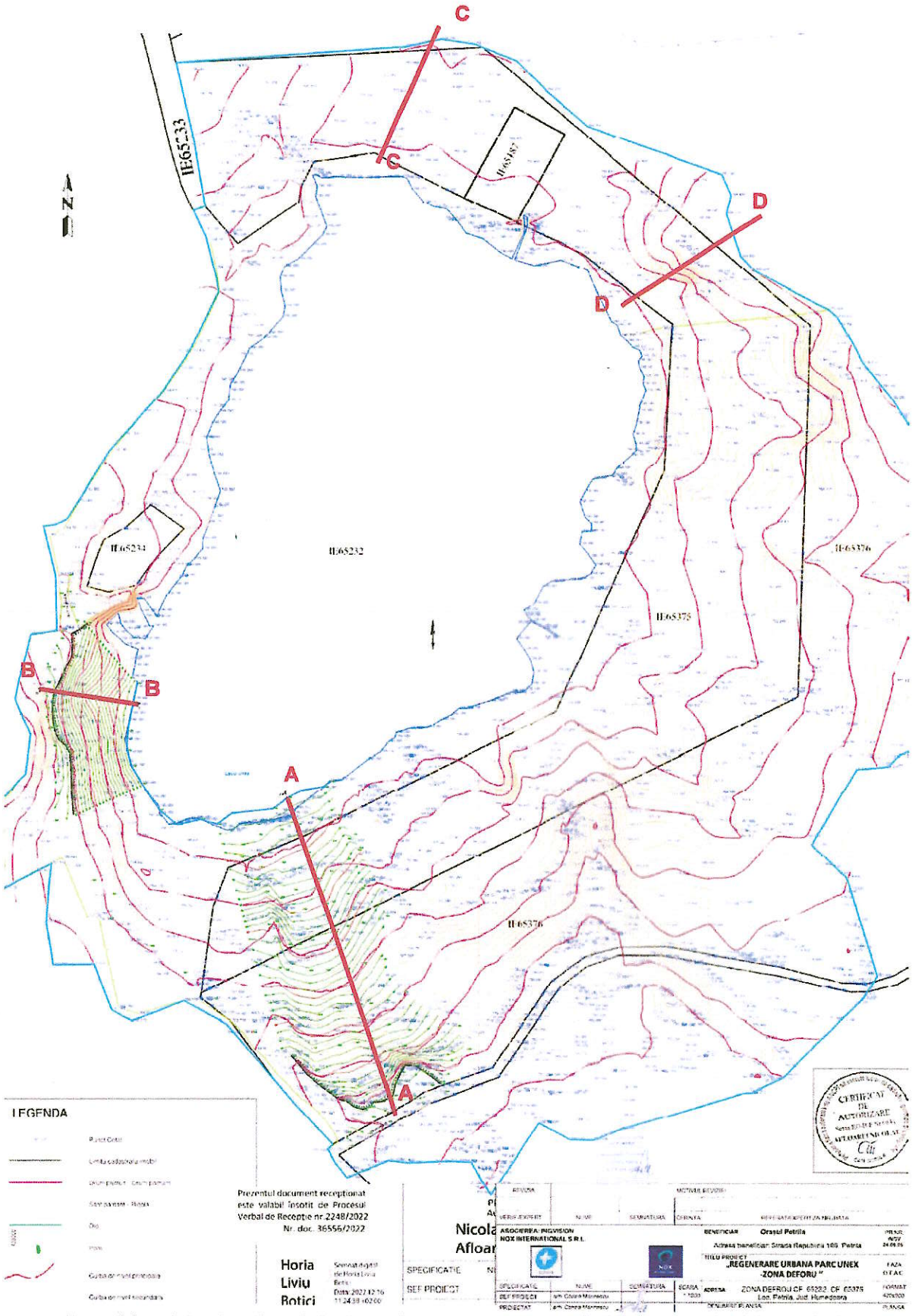


Fig. 5. Planul de situație existent, cu alunecarea suprapusă și cele 4 secțiuni de analiză

Astfel, au fost stabilite și denumite cele patru secțiuni folosite în analizele de stabilitate:

- Secțiunea A-A – prin zona centrală a alunecării de pe taluzul S (SSE) (fig. 6);
- Secțiunea B-B - prin zona abruptă (alee pietonală, ocazional carosabilă) (fig. 7);
- Secțiunea C-C - secțiune prin haldă (terenuri sport) (fig. 8);
- Secțiunea D-D - secțiune prin zona abruptă (lângă terenurile de sport) (fig. 9)

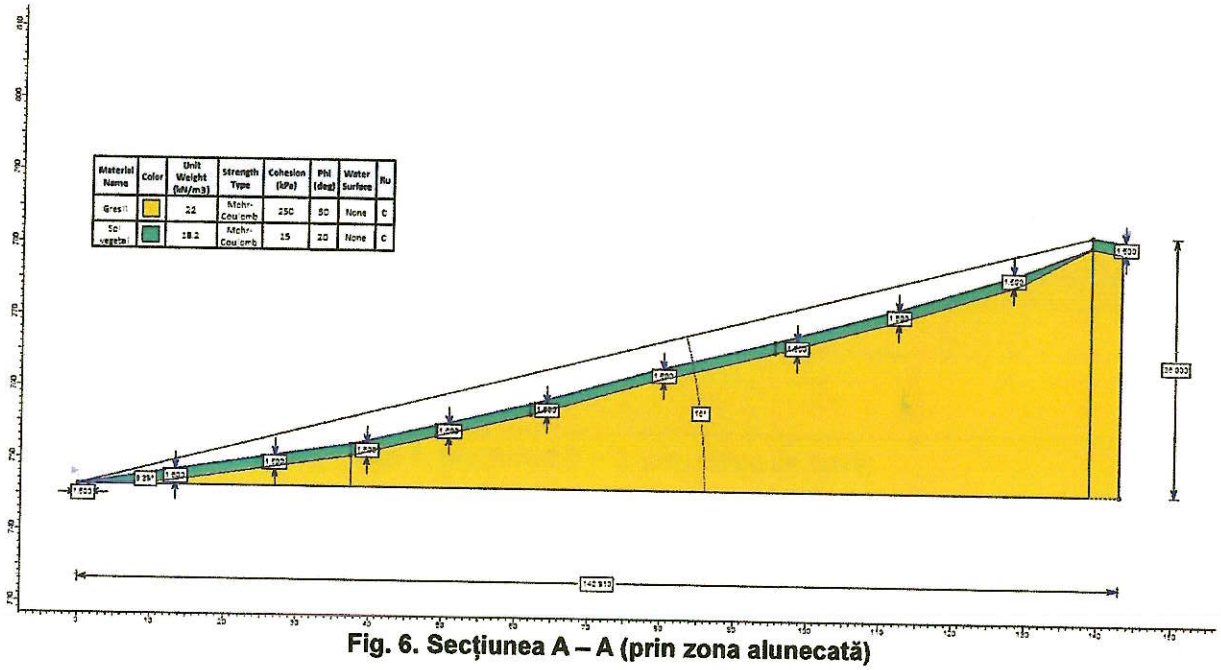


Fig. 6. Secțiunea A – A (prin zona alunecată)

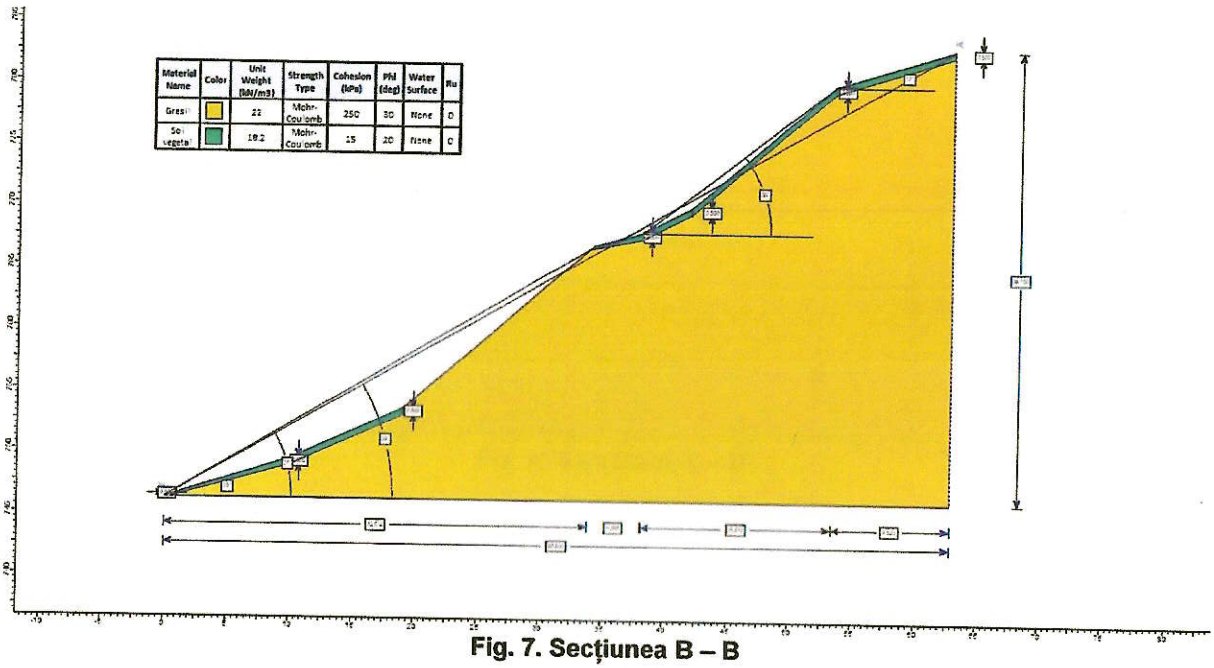


Fig. 7. Secțiunea B – B

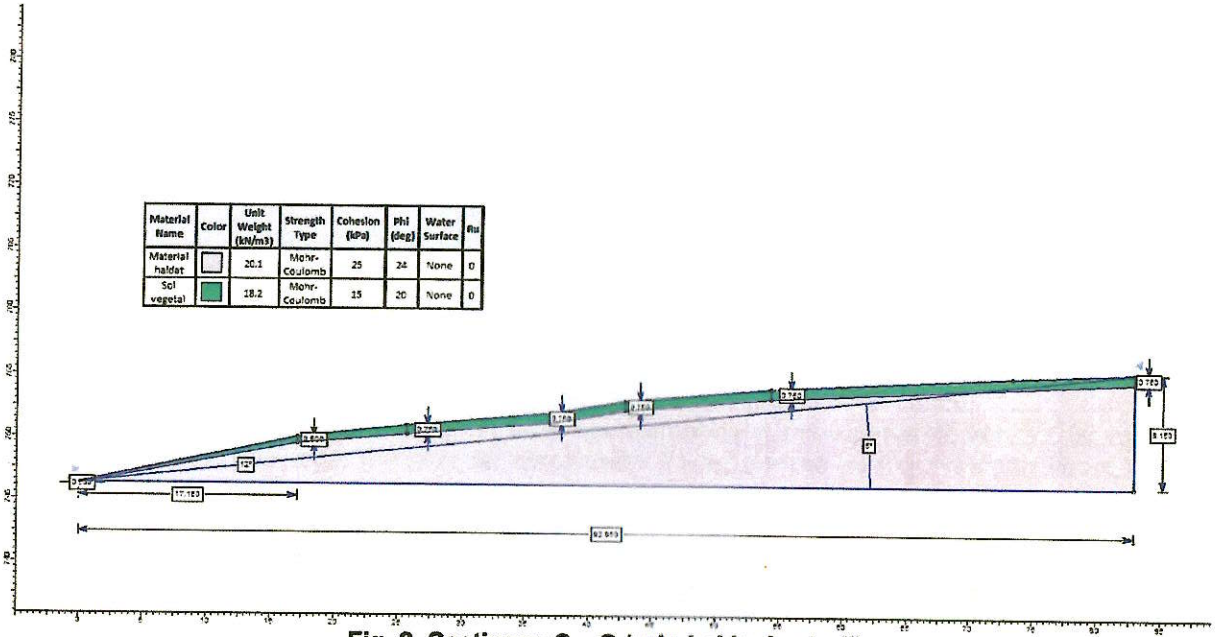


Fig. 8. Secțiunea C – C (prin halda de steril)

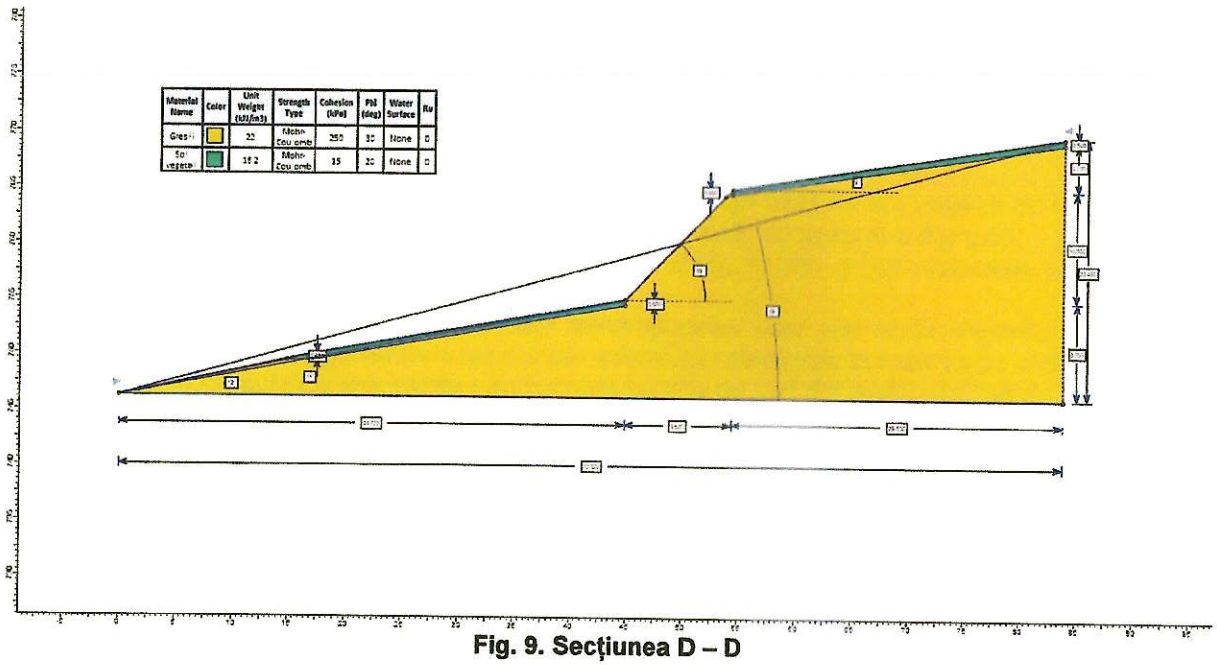


Fig. 9. Secțiunea D – D

Pentru secțiunea A – A (fig. 6), trasată prin zona centrală a alunecării de pe taluzul S (SSE), rezultatele analizei de stabilitate pot fi considerate orientative, în sensul că din observațiile efectuate în teren, stratigrafia este mult mai complexă decât cea indicată de studiul geotehnic pus la dispoziție de către beneficiar. Astfel, pornind de la partea superioară, în zona de rupere a taluzului, se observă o succesiune de argile, urmate de strate înclinate de gresii și posibil marnocalcare, sub care se întâlnesc din nou argile. De asemenea în zona alunecată a fost observată și prezența unui strat, probabil discontinuu, de cărbune.

În aceste condiții, modelul realizat, care ia în considerare doar prezența unui strat de sol vegetal (argilos) urmat de gresii, este unul care simplifică mult realitatea din teren.

Mai mult, chiar dacă pe modelul analizat se obține o rezervă de stabilitate supraunitară (peste limita de echilibru), observațiile din teren contrazic în mare măsură acest rezultat, la partea superioară a zonei de rupere fiind prezente crăpături de tensiune (tracțiune), un indicator clar al

instabilității și al probabilității ridicate de continuare a alunecării spre drumul de acces și posibil după acesta.

Mai trebuie avut în vedere faptul că investigațiile geotehnice au fost realizate pentru o anumită umiditate a rocilor constituente, fără a fi efectuate încercări la umidități mai mari, eventual apropiate de limita de saturare și faptul că nu s-a luat în considerare posibilitatea existenței unui nivel hidrostatic al apei în taluzuri (neavând la dispoziție date privind acest aspect, în acest scop fiind necesară executarea unor foraje de hidroobservație), când, așa cum se știe, valorile caracteristicilor de rezistență mecanice scad semnificativ, se modifică comportamentul, în timp ce greutatea volumetrică (și implicit greutatea rocilor din taluz, eventuală masă alunecătoare) crește.

Cumulat, aceste modificări, conduc la o scădere semnificativă a rezervei de stabilitate.

O situație și mai defavorabilă poate apărea în cazul în care, pe lângă factorii defavorabili amintiți anterior, regiunea este afectată și de șocuri seismice (spre exemplu episodul seismic de la începutul anului 2023, resimțit destul de puternic și la nivelul regiunii Văii Jiului).

Taluzul V (secțiunea B – B, fig. 7) este reprezentat de o pantă generală abruptă (aprox. 31°) de la contactul cu apa, cu o înălțime de aproximativ 21 m, urmată de o zonă cu înclinare redusă (15°) cu lățimea în secțiune de aprox. 4 m, iar la partea superioară din nou o pantă abruptă (aprox. 38°), cu o înălțime de aproximativ 15 m.

Partea inferioară a taluzului este alcătuită dintr-o gresie compactă, dar predispusă la fragmentare, așa cum se observă în partea dreaptă a taluzului, iar partea superioară este alcătuită dintr-o gresie nisipoasă, predispusă la dezagregare sub influența factorilor naturali. La bază, la contactul cu lacul, la partea mediană cu înclinare redusă și la partea superioară, terenul este acoperit cu un strat superficial de sol vegetal. În zonele mediană și superioară se regăsește vegetație arboricolă, reprezentată în principal de mesteacăn.

Pe partea superioară a taluzului se observă alunecări superficiale ale solului vegetal, sub forma unor petice de pământ care se deplasează prin translație către zona cu înclinare redusă.

Taluzul E (secțiunea D – D, fig. 9) este reprezentat la partea inferioară (zona de contact cu lacul) de o pantă cu înclinare redusă (11 - 12°) pe o lățime în secțiune de aproximativ 45 m, urmată de o pantă abruptă (46°) cu o înălțime de 10 m, iar la partea superioară din nou de o pantă redusă (9 - 10°).

Prima parte a taluzului și ultima sunt acoperite de un strat de sol vegetal cu o grosime de aproximativ 0,5 m, sub care a fost interceptat stratul de bază, considerat a fi gresie.

Porțiunea de mijloc, cea mai înclinată, este alcătuită din gresii nisipoase predispuse la dezagregare sub influența factorilor naturali.

În cazul acestor două secțiuni, deși materializarea unor suprafețe cilindrico-circulare de alunecare este în măsură să ne furnizeze unele informații referitoare la rezerva de stabilitate, acest tip de suprafețe nu sunt caracteristice pentru toate tipurile de roci din alcătuirea taluzurilor.

În cazul taluzurilor alcătuite din roci coezive, de tipul gresiilor și gresiilor nisipoase, alunecările se produc prin alte mecanisme:

- Alunecări de translație, în cazul rocilor intens fragmentate, care se deplasează pe pante cu înclinare mică;
- Rostogoliri și roto-translații, a unor blocuri sau fragmente de blocuri, în cazul deplasării pe pante cu înclinare medie;
- Prăbușiri, în cazul deplasării pe pante cu înclinare medie spre mare și mare;
- Alunecări care urmează un contur concav, materializat la intersecția dintre sistemele fisuri sau dintre plane de faliere.

Așa cum am precizat anterior, nu există date de natură calitativă a versanților în cauză și nici date referitoare la eventualele sisteme de fisuri care afectează taluzurile, ceea ce face imposibilă modelarea mai riguroasă a secțiunilor de analiză și utilizarea unor programe adecvate de analiză a stabilității.

3.2. Rezultatele analizelor de stabilitate

Pentru efectuarea analizelor de stabilitate au fost utilizate documentele puse la dispoziție de beneficiar, o serie de date și observații obținute în urma deplasărilor în teren și a încercărilor de laborator, precum și informații și determinări din cercetări anterioare în zona de interes existente la Universitatea din Petroșani.

In scopul investigării rezervelor de stabilitate a fost utilizat soft-ul SLOPE, dezvoltat de către firma GEOSTRU, dedicat pentru stabilitatea taluzurilor în terenuri afânate sau de roci, folosind

metodele tradiționale ale geotehnicii (Echilibrul Limită), și metoda Elementelor Discrete cu care se poate calcula deplasarea taluzului și se poate examina ruperea progresivă. În condiții seismice se poate realiza atât analiza statică, cât și analiza dinamică.

Ipoteze luate în considerare:

- Litologia versanților a fost simplificată pe baza forajelor geotehnice;
- Caracteristicile fizice și mecanice ale rocilor din taluzuri/versanți au fost prelucrate din surse publice (Studiul Geotehnic pus la dispoziție de beneficiar, literatură de specialitate, valori obținute prin încercări efectuate în laboratoarele universității);
- Pentru toate situațiile s-a luat în considerare potențialul seismic al zonei, respectiv a_g = 0,1g;
- Au fost efectuate simulări atât pentru condiții de roci drenate, cât și nedrenate;
- Metodele de analiză folosite (Janbu simplificat, Bishop și Fellenius) se bazează pe teoria echilibrului la limită;
- Analizele de stabilitate s-au realizat conform Ghidului privind Proiectarea Geotehnică - indicativ GP 129-2014;

Valorile caracteristicilor fizico-mecanice ale rocilor sunt prezentate în tabelul 1, iar rezultatele analizelor de stabilitate sunt prezentate în în tabelul centralizator 2 și în figurile 10- 17.

Tabelul 1. Caracteristici fizico-mecanice ale rocilor din componența taluzurilor/versanților

Tip rocă	Greutatea volumetrică γ (kg/m^3)	Greutatea volumetrică în stare saturată γ_{sat} (kg/m^3)	Coeziunea c (kg/cm^2)	Unghiul de frecare interioară φ (grade)
Sol vegetal	1820	2100	0,15	20
Gresie	2200	2350	2,50	30
Material haldat	2010	2300	0,25	24

Tabelul 2. Valorile coeficientului de stabilitate

Metoda/Secțiunea	Fellenius		Bishop		Janbu	
	Drenat	Nedrenat	Drenat	Nedrenat	Drenat	Nedrenat
A-A	2,17	1,01	1,94	0,94	1,92	0,94
B-B	1,83	1,19	1,63	1,10	1,61	1,09
C-C	3,15	1,09	2,92	1,04	2,81	1,03
D-D	1,93	1,38	1,72	1,26	1,70	1,20

Verde- rezervă de stabilitate suficientă
Galben – limită de stabilitate
Roșu – taluzuri supuse unui risc iminent de alunecare

Secțiunea A – A

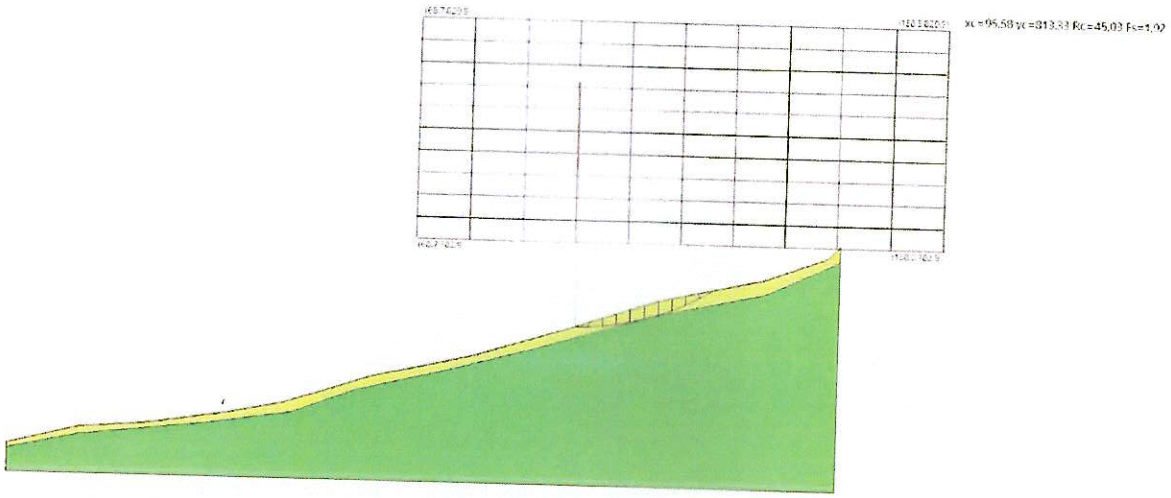


Fig. 10. Starea drenată a rocilor (fără influența apei din pori)

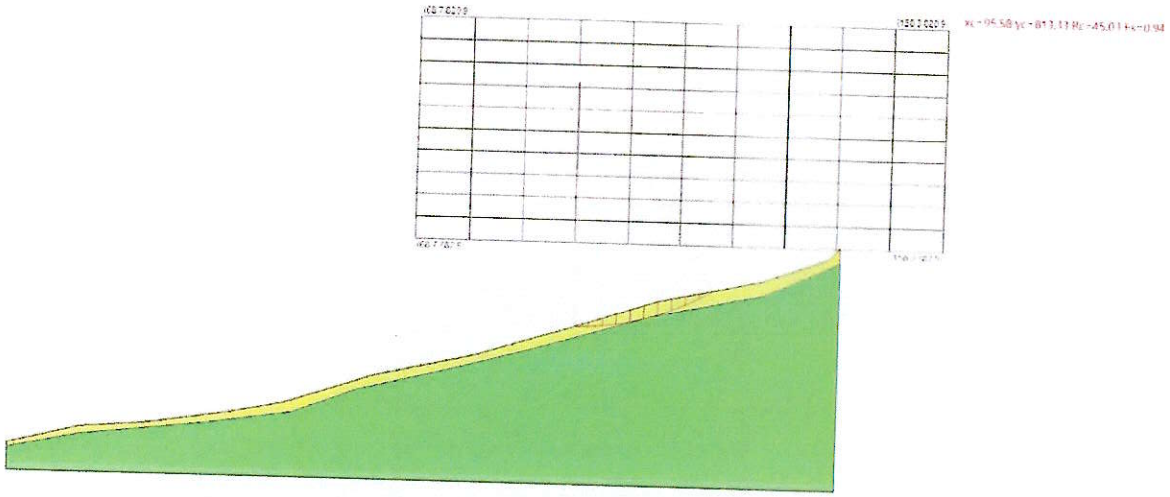
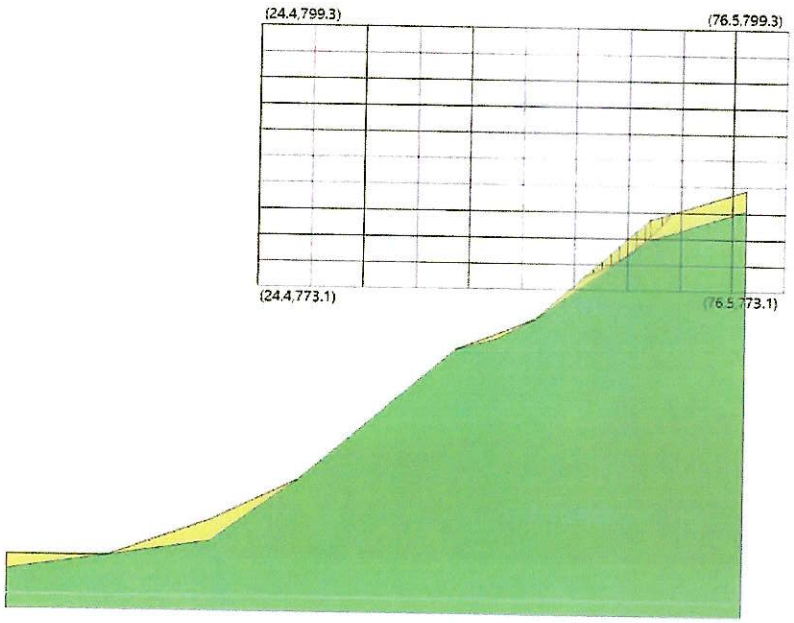


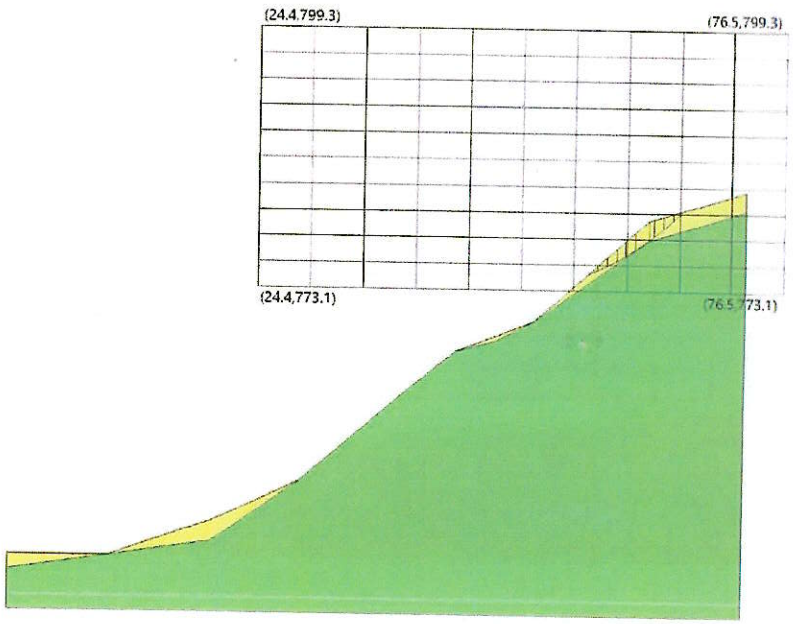
Fig. 11. Starea nedrenată a rocilor (cu influența apei din pori)

Secțiunea B – B



xc=50.49 yc=791.45 Rc=18.07 Fs=1.61

Fig. 12. Starea drenată a rocilor (fără influența apei din pori)



xc=47.89 yc=797.99 Rc=24.93 Fs=1.09

Fig. 13. Starea nedrenată a rocilor (cu influența apei din pori)

Secțiunea C – C

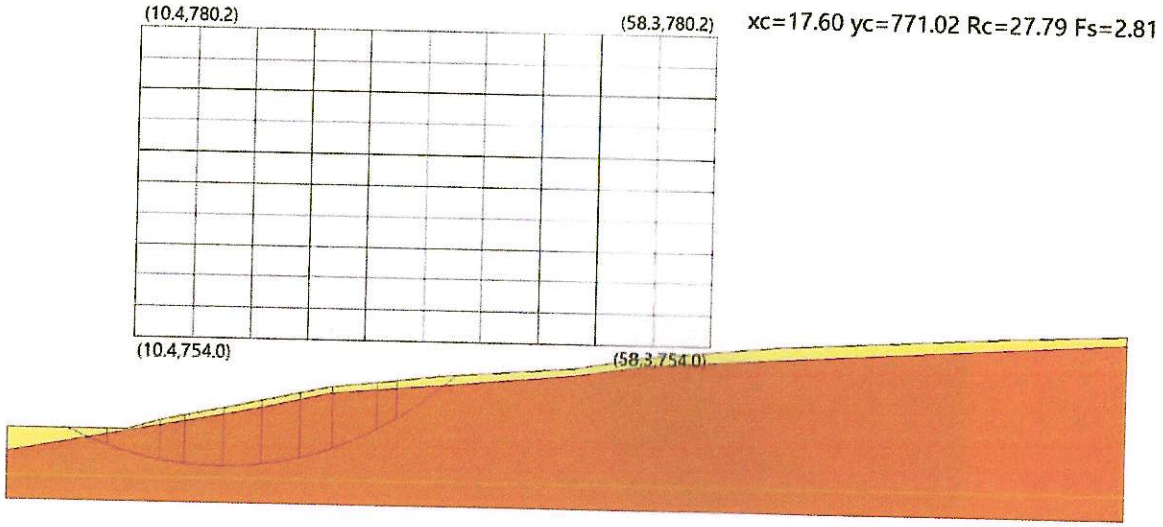


Fig. 14. Starea drenată a rocilor (fără influența apei din pori)

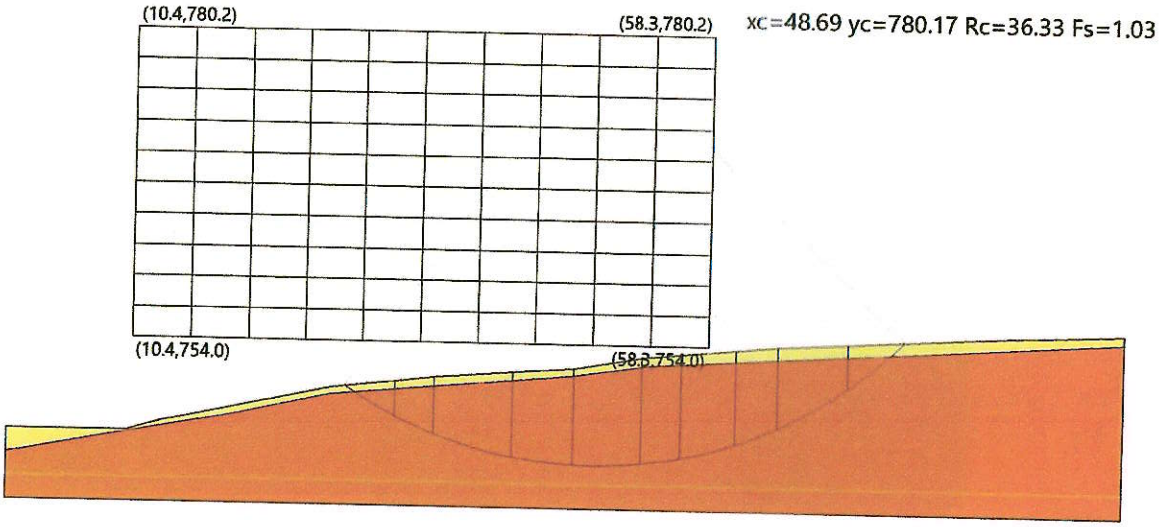


Fig. 15. Starea nedrenată a rocilor (cu influența apei din pori)

Secțiunea D – D

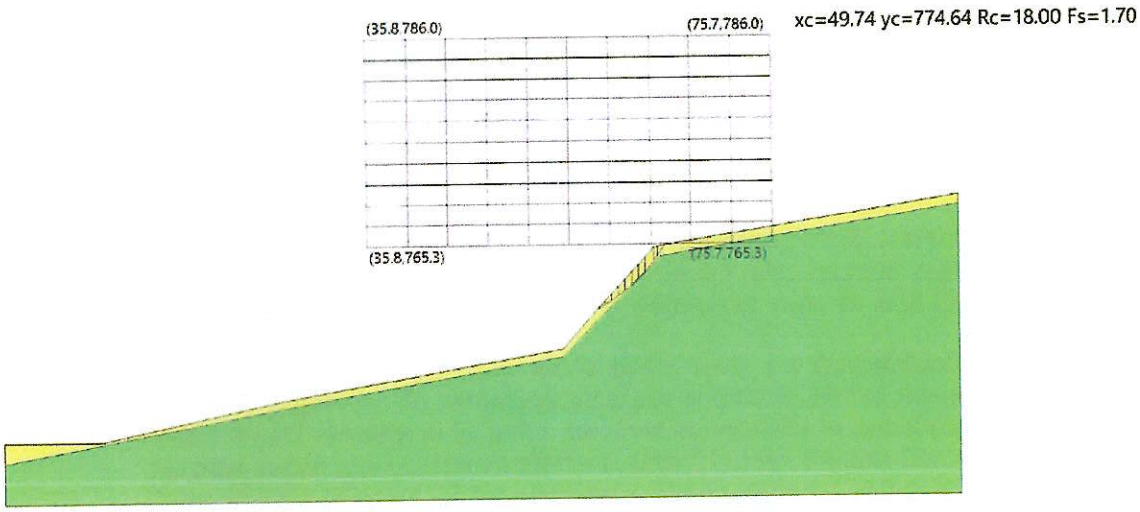


Fig. 16. Starea drenată a rocilor (fără influența apei din pori)

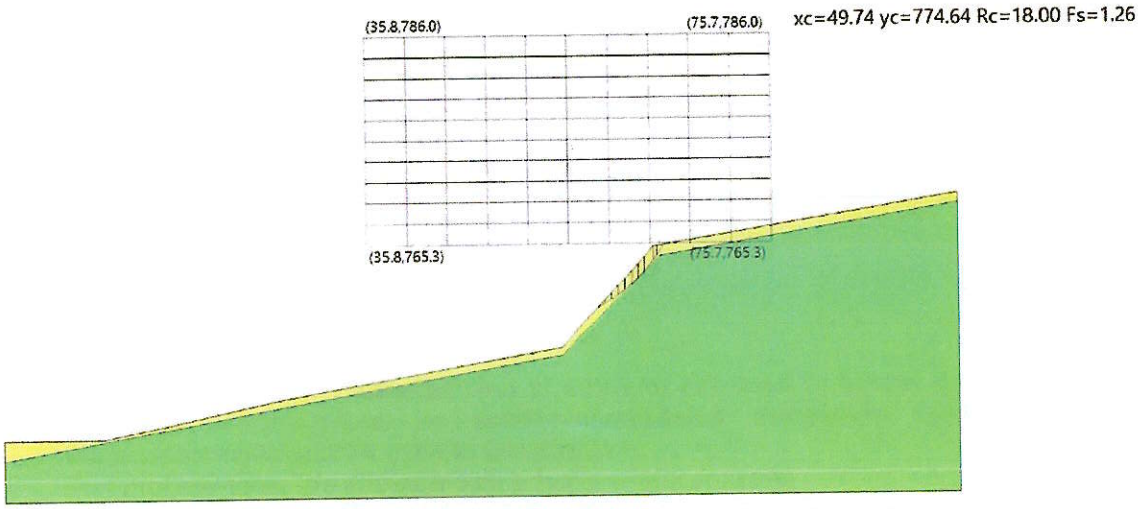


Fig. 17. Starea nedrenată a rocilor (cu influența apei din pori)

În urma efectuării analizelor de stabilitate, pot fi extrase următoarele concluzii:

- Alunecarea se produce în statul de sol vegetal în zonele corespunzătoare secțiunilor A - A, B - B și D - D – explicabil ca urmare a diferențelor mari de rezistență mecanică a celor două tipuri de roci (sol, respectiv gresie);
- Stabilitatea substratului format din gresie pare să fie suficientă, însă, așa cum am prezentat în cadrul paragrafului 3.1, nu a fost posibilă realizarea unor analize de stabilitate adecvate ca urmare a necunoașterii condițiilor de structură a acestuia (sisteme de fisuri, grad de alterare, elemente de microtectonică etc.)
- Suprafața de alunecare are aceeași poziție atât în cazul rocilor în stare drenată, cât și în cazul rocilor în stare nedrenată, antrenând în ambele cazuri același volum de material;
- Suprafața de alunecare se formează, în cazul celor trei secțiuni, în partea superioară a taluzului/versantului;
- Astfel de alunecări pot avea o dezvoltare regresivă, adică, materialul aflat deasupra zonei de rupere va deveni instabil la rândul său (practic materialul implicat în alunecarea inițială servește ca sprijin pentru cel care se află dispus deasupra pe pantele respective);
- În cazul secțiunii C (vechea haldă peste care s-a format/depus un strat de sol vegetal), suprafața de alunecare este poziționată la partea inferioară a taluzului în cazul rocilor drenate și în zona mediană a acestuia în cazul rocilor nedrenate. În ambele cazuri alunecarea va afecta și corpul haldei. Situația cea mai periculoasă se înregistrează în cazul rocilor nedrenate, când materialul alunecat din zona mediană poate antrena volume mari de material din partea inferioară a haldei, care ar putea ajunge în lac, dând naștere unor valuri de mari dimensiuni, care pot duce la declanșarea unor noi alunecări și în ceilalți versanți/taluzuri;
- În principiu, în cazul rocilor drenate, taluzurile și versanții au rezerve de stabilitate suficiente pentru structuri cu durată mare de rămânere pe loc (Fs ≥ 1,5), însă această situație este una ideală. Apa infiltrată din precipitații și din lac poate conduce în anumite circumstanțe la saturarea rocilor, caz în care majoritatea taluzurilor analizate ajung la limita de stabilitate sau chiar instabile (în special în secțiunea A - A, unde s-a constatat deja producerea unei alunecări importante).

4. Analiza de risc

4.1. Metodologia de lucru

Analiza de evaluare a riscului de alunecare se impune în special în condiții de instabilitate a taluzurilor definitive.

Riscul este definit ca fiind produsul dintre probabilitatea de alunecare a taluzurilor şi vulnerabilitatea obiectivelor antropice şi naturale existente în zona de influență a alunecării:

$$R = V \times Pr \quad (1)$$

unde:

R - riscul (de alunecare);

V – vulnerabilitatea (vulnerabilitatea obiectivelor din zonă în funcţie de starea tehnică a taluzurilor şi depozitelor de steril/vulnerabilitatea materialului haldat la lichefiere/ vulnerabilitatea taluzurilor carierei la sufoziune);

Pr – probabilitatea (de alunecare/de lichefiere/de sufoziune).

Pentru evaluarea riscului de alunecare a taluzurilor în diferitele ipoteze luate în considerare în cadrul prezentului studiu, am apelat la o metodologie elaborată de către o parte din membrii colectivului de cercetare, verificata in cadrul unor lucrări de finalizare a studiilor de master și doctorat, precum si in alte contracte și articole de specialitate.

Astfel, în cadrul metodologiei, într-o primă etapă a fost elaborată o clasificare a masivelor/depozitelor de roci în funcție de natura obiectivelor aflate în zona de influență și de caracteristicile mediului. Pe baza acesteia s-a stabilit vulnerabilitatea obiectivelor din zonă în funcţie de starea tehnică a taluzurilor in situ şi depozitelor de steril (tabelul 3).

Tabelul 3. Vulnerabilitate masivelor/depozitelor de roci în funcţie de natura obiectivelor din zona de influenţă

Gradul de stabilitate / - Natura obiectivelor din zona de influenţă -Caracteristicile mediului	1. Masive/Depozite de roci cu volum important şi deplasări active.	2. Masive/Depozite de roci ce pot intra în mişcări periculoase datorită unor factori.	3. Masive/Depozite de roci cu deplasări ce pot fi limitate prin amenajări sau prin tehnologia de exploatare.	4. Masive/Depozite de roci stabilizate, la care nu apar ca probabile fenomene de alunecare.
1. - Locuinţe şi construcţii cu caracter social. - Zone împădurite, ape curgătoare şi/sau stătătoare, teren cu valoare ridicată	5	5	4	3
2. - Construcţii şi instalaţii industriale, căi de comunicaţie cu trafic intens, cursuri de apă. - Zone arabile, zone împădurite, cursuri de apă, teren productiv	5	4	3	2
3. - Căi de comunicaţie cu trafic restrâns sau circulaţie restrânsă de persoane - Pășuni împădurite cu diferite grade de consistență, resurse de apă restrânse, terenuri cu valoare scăzută	4	3	2	1
4. -Zone fără construcţii, cu acces sporadic de persoane - Terenuri virane, neproductive, pășuni cu tufărișuri	3	2	1	1

În funcţie de grupele de periculozitate a masivelor/depozitelor de roci, s-au stabilit cinci categorii de vulnerabilitate a taluzurilor definitive ale golurilor remanente la alunecări de teren, cărora li s-au acordat următoarele punctaje:

V = 1 - vulnerabilitate foarte redusă;
V = 2 - vulnerabilitate redusă;
V = 3 - vulnerabilitate medie;
V = 4 - vulnerabilitate ridicată;
V = 5 - vulnerabilitate foarte ridicată.

Ținând seama de cele două criterii de clasificare, în etapa următoare se stabilește natura obiectivelor din zonele de influență, adiacente taluzurilor marginale ale lacului Unex.

Conform tabelului 3 și scalei alese pentru reprezentarea vulnerabilității, taluzurile ce mărginesc lacul Unex, au fost încadrate în grupele de periculozitate, respectiv în categoriile de vulnerabilitate (tabelul 4).

În continuare, pe baza unor prelucrări statistice complexe a fost determinată probabilitatea de alunecare a taluzurilor, după care a fost construit un grafic care prezintă dependența dintre factorul de stabilitate determinat în urma analizelor și probabilitatea de alunecare (fig. 18).

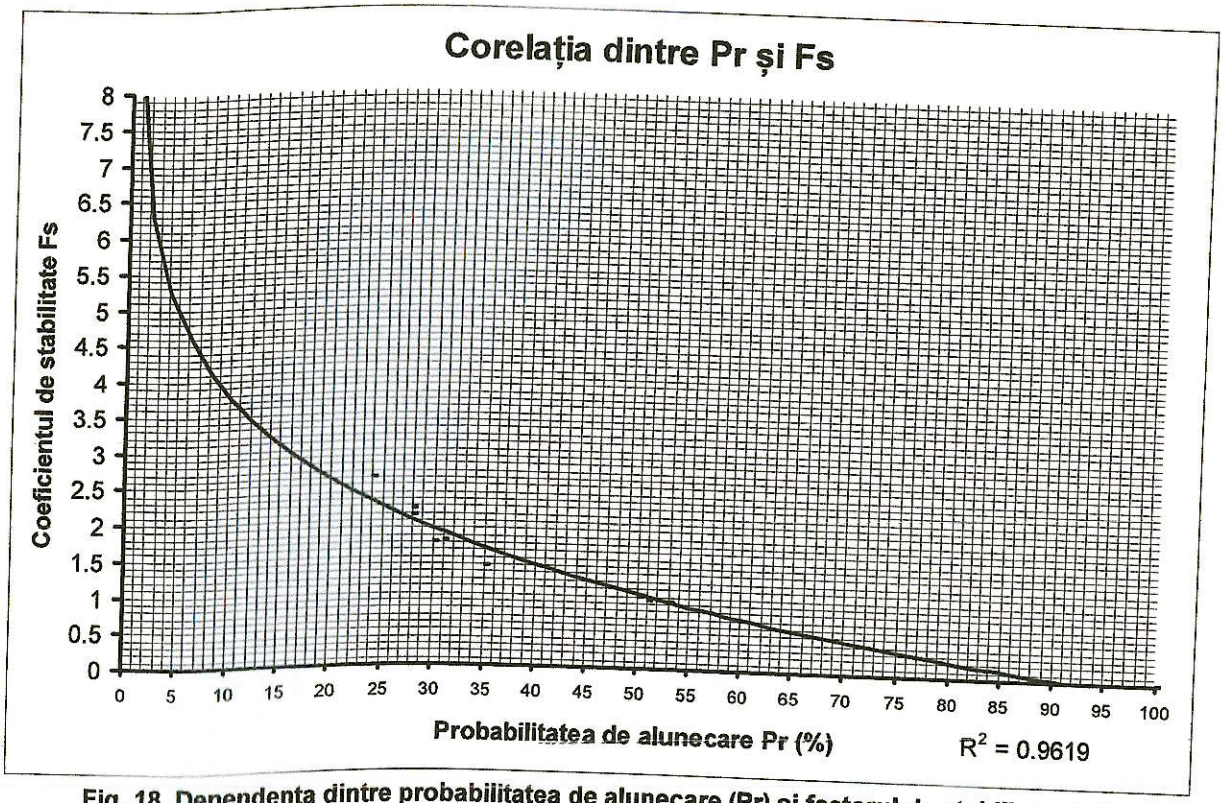


Fig. 18. Dependența dintre probabilitatea de alunecare (Pr) și factorul de stabilitate (Fs)

În cadrul prezentului studiu, acest grafic a fost utilizat pentru a determina probabilitatea de alunecare, cunoscut fiind factorul de stabilitate pentru situațiile analizate în capitolul anterior.

După modele existente în literatura de specialitate, s-a stabilit următoarea scară pentru definirea probabilității de alunecare:

Pr = 1 pentru Pr_{al} = 0 ÷ 15 % → probabilitate de alunecare foarte redusă; aproape sigur că nu va avea loc alunecarea taluzului;

Pr = 2 pentru Pr_{al} = 16 ÷ 35 % → probabilitate de alunecare redusă; este puțin probabil că va avea loc alunecarea taluzului;

Pr = 3 pentru Pr_{al} = 36 ÷ 65 % → probabilitate de alunecare medie; pierderea sau nu a echilibrului taluzului sunt la fel de probabile;

Pr = 4 pentru Pr_{al} = 66 ÷ 85 % → probabilitate de alunecare ridicată; este foarte probabil că va avea loc alunecarea taluzului;

Pr = 5 pentru Pr_{al} > 85 % → probabilitate de alunecare foarte ridicată; aproape sigur că va avea loc alunecarea taluzului.

Respectând scara de definire a probabilității de alunecare pentru fiecare secțiune de analiză i s-a acordat punctajul corespunzător. Cu ajutorul relației 1 se determină riscul de alunecare pentru taluzurile marginale ale lacului Unex.

Având în vedere cele 5 clase de vulnerabilitate, respectiv 5 clase de probabilitate, pentru evaluarea riscului de alunecare s-a stabilit următoarea scară:

Pentru R = 1 → risc foarte redus de alunecare;

Pentru R = 2 ÷ 4 → risc redus de alunecare;

Pentru R = 5 ÷ 9 → risc mediu de alunecare;

Pentru R = 10 ÷ 15 → risc ridicat de alunecare;

Pentru R = 16 ÷ 24 → risc foarte ridicat de alunecare;

Pentru R = 25 → risc extrem de alunecare.

4.2. Evaluarea riscului de alunecare

Prima etapă ce trebuie parcursă presupune încadrarea obiectivelor naturale și antropice aflate în zona de influență a celor 4 secțiuni de analiză (tabelul 4) în una din cele 4 categorii conținute în tabelul 3.

Pentru această încadrare am apelat la imaginea satelitară, prezentată în figura 19, planul de situație propus (fig. 20), completate cu cele constatate cu ocazia vizitelor în teren și detaliile de pe planurile de situație.



Fig. 19. Lacul Unex și terenurile aflate în zona de influență

Pentru această încadrare am apelat la imaginea satelitară, prezentată în figura 19, planul de situație propus (fig. 20), completate cu cele constatate cu ocazia vizitelor în teren și detaliile de pe planurile de situație.



Fig. 19. Lacul Unex și terenurile aflate în zona de influență

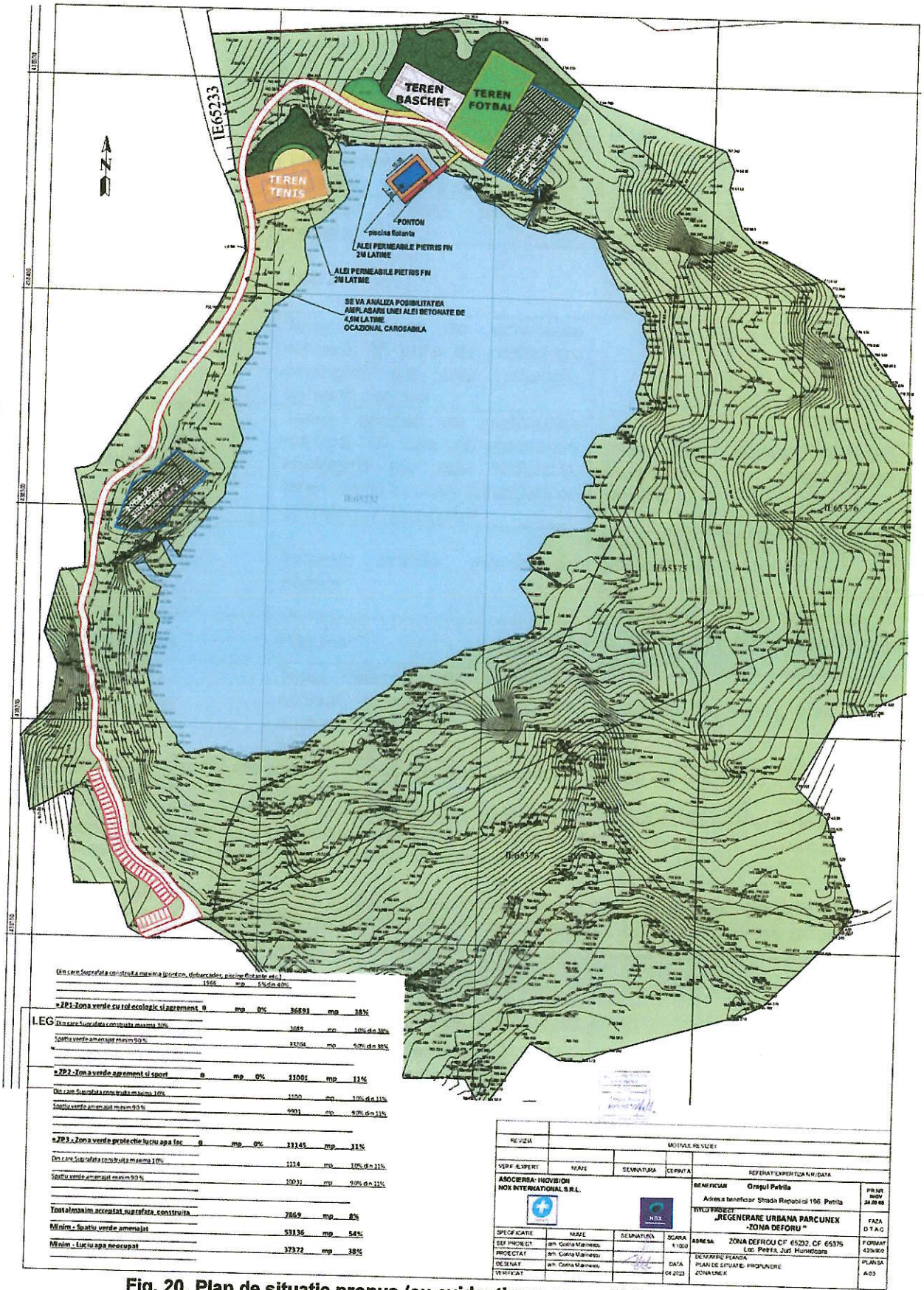


Fig. 20. Plan de situație propus (cu evidențierea amenajărilor prevăzute)

Tabelul 4. Natura obiectivelor din zonele de influență

Secțiune	Obiectivele din zona de influență și caracteristicile mediului	
	Obiective naturale	Obiective antropice
A – A (inițial)	Teren afectat de activitatea minieră, în curs de restaurare ecologică (pe cale naturală), teren arabil în zona potențială de extindere a alunecării	Drum de acces (pietruit), dependințe gospodărești
B – B (inițial)	Terenuri arabile, pâlcuri de pădure	Case de locuit, dependințe gospodărești, plantații de pomi
C – C (inițial)	Pășune	Haldă de steril aflată în curs de restaurare ecologică (pe cale naturală)
D – D (inițial)*	Teren afectat de activitatea minieră, în curs de restaurare ecologică (pe cale naturală), versanți naturali	-
A – A (proiectat)	Teren afectat de activitatea minieră, în curs de restaurare ecologică (pe cale naturală), teren arabil în zona potențială de extindere a alunecării	Drum de acces (pietruit), dependințe gospodărești, parcare
B – B (proiectat)	Terenuri arabile, pâlcuri de pădure	Case de locuit, dependințe gospodărești, plantații de pomi, alee betonată, ocazional carosabilă, zonă de agrement
C – C (proiectat)**	Pășune	Terenuri de sport, zonă de agrement
D – D (Proiectat)	Teren afectat de activitatea minieră, în curs de restaurare ecologică (pe cale naturală), versanți naturali	Limita de dezvoltare a zonei de agrement

*În absența unor obiective antropice în zona de influență, se va considera ca valoare medie a vulnerabilității, valoarea stabilită pentru obiectivele naturale

**Facem precizarea că, o eventuală alunecare de mari dimensiuni de pe taluzurile S, V și E ar disloca un volum important de apă ce s-ar deplasa spre partea N a perimetrului, zonă pentru care sunt prevăzute amenajarea unor terenuri de sport și a unei zone de agrement.

Conform tabelelor 3 și 4 am încadrat zona lacului Unex în grupele de periculozitate, respectiv în categoriile de vulnerabilitate (tabelul 5), iar pe baza valorilor obținute în urma încadrării în categoriile de vulnerabilitate funcție de natura obiectivelor din zona de influență, s-a determinat o valoare medie a vulnerabilității.

Tabelul 5. Stabilirea vulnerabilității terenului din zona lacului Unex

Secțiunea	Obiective naturale (V1)	Obiective antropice (V2)	Vulnerabilitate medie: Vm = (V1+V2)/2
A – A (inițial)	3	3	3
B – B (inițial)	4	3	3,5
C – C (inițial)	3	2	2,5
D – D (inițial)	3	-	3
A – A (proiectat)	3	4	3,5
B – B (proiectat)	4	4	4
C – C (proiectat)*	3	4	3,5
D – D (Proiectat)	3	3	3

*În condițiile menționate în subsolul tabelului 4

În ultima etapă, pe baza celor prezentate în tabelul 5, și ținând cont de probabilitatea de alunecare a taluzurilor de lucru și definitive (determinată în urma analizelor de stabilitate prezentate în cadrul capitolului anterior și utilizând graficul din figura 18) s-a calculat riscul de alunecare, utilizând relația de calcul (1). Aceste sunt prezentate în tabelul 6.

Tabelul 6. Stabilirea riscului de alunecare a taluzurilor

Secțiunea	Vulnerabilitatea (Vm)	Probabilitatea (P)				Riscul R = Vm x Pr	
		Taluz drenat		Taluz nedrenat			
		Pal [%]	Pr	Pal [%]	Pr	Taluz drenat	Taluz nedrenat
A – A (inițial)	3	29	2	54	3	6	9
B – B (inițial)	3,5	37	3	47	3	10,5	10,5
C – C (inițial)	2,5	18	2	50	3	5	7,5
D – D (inițial)	3	34,5	2	44	3	6	9
A – A (proiectat)	3,5	29	2	54	3	7	10,5
B – B (proiectat)	4	37	3	47	3	12	12
C – C (proiectat)*	3,5	18	2	50	3	7	10,5
D – D (proiectat)	3	34,5	2	44	3	6	9

Proiectat – varianta primită de la beneficiar, fără eventuale lucrări de creștere a rezervei de stabilitate (retaluzări, terasări etc.)
*În condițiile producerii unei unde de viitură indusă de o alunecare.

Încadrând taluzurile în clasele de risc și revenind asupra rezultatelor analizelor de stabilitate s-au constatat următoarele:

- pentru taluzurile analizate în trei dintre secțiuni (A – A, C – C și D -D) în condiții inițiale și pentru roci drenate, riscul calculat are valori cuprinse între 5 și 7, ceea ce corespunde unui risc mediu în cazul producerii unei alunecări;
- pentru taluzurile analizate în trei dintre secțiuni (A – A, C – C și D -D) în condiții inițiale și pentru roci nedrenate, riscul calculat are valori cuprinse între 7,5 și 9, ceea ce corespunde unui risc mediu în cazul producerii unei alunecări (valoarea 9 fiind la limita cu riscul ridicat în cazul producerii unei alunecări);
- această creștere a riscului este cauzată de scăderea valorii factorului de stabilitate, care conduce automat la creșterea probabilității de alunecare, trecând într-o categorie superioară (de la 2 la 3);
- pentru taluzul din secțiunea de analiză B - B, în condiții inițiale, atât pentru roci drenate cât și nedrenate, riscul calculat are valoarea 10,5 (deși probabilitatea reală de producere a unei alunecări crește, intervalul de încadrare, conform metodologiei prezentate, presupune atribuirea aceleiași valori, respectiv 3), ceea ce corespunde unui risc ridicat de producere a unei alunecări;
- pentru taluzurile analizate în trei dintre secțiuni (A – A, C – C și D -D) în condiții proiectate (fără adoptarea unor măsuri de creștere a rezervei de stabilitate) și pentru roci drenate, riscul calculat are valori cuprinse între 6 și 7, ceea ce corespunde unui risc mediu de producere a unei alunecări;
- pentru taluzurile din secțiunile (A – A, B – B și C – C) în condiții proiectate (fără adoptarea unor măsuri de creștere a rezervei de stabilitate) și pentru roci nedrenate, riscul calculat are valori cuprinse între 10,5 și 12, ceea ce corespunde unui risc mediu în cazul producerii a unei alunecări;
- această creștere a riscului este cauzată de natura obiectivelor proiectat a fi realizate pe taluzurile, sau în zona de influență a secțiunilor analizate;
- în cazul secțiunii D – D, valoarea calculată a riscului în cazul producerii unei alunecări, rămâne egală cu 9, adică risc mediu (valoarea rămâne aceeași pentru situația proiectată, identică cu valoarea obținută pentru situația inițială). Acest lucru este explicabil prin faptul că în zona de analiză a secțiunii D – D nu sunt proiectate obiective antropice care să modifice clasa de vulnerabilitate a terenului.

Concluzia generală care se desprinde în urma evaluării riscului în cazul producerii unor alunecări de teren este aceea că, în lipsa adoptării unor măsuri de creștere a stabilității, și în condițiile

menținerii proiectului actual, pus la dispoziție de către beneficiar, riscul de alunecare este unul mediu spre ridicat. Mai mult, acest risc crește în varianta proiectată (din cauza obiectivelor antropice ce urmează a fi realizate), în special în situația în care avem de-a face cu roci nedrenate în compoziția taluzurilor marginale, față de situația inițială.

Această concluzie generală a impus elaborarea unui set de măsuri care au în vedere, în special, creșterea rezervei de stabilitate, dar și la formularea unor recomandări cu privire la anumite amplasamente și execuția unor lucrări suplimentare, prezentate succint în capitolul 5.

5. Soluții de creștere a rezervei de stabilitate și recomandări

Având în vedere cele constatate în urma efectuării analizelor de stabilitate, a analizei de risc și ținând cont de cele propuse în cadrul planului de amenajare a parcului (zonei de agrement) Unex, colectivul de cercetare vine cu următoarele soluții, respectiv recomandări:

a. Pentru taluzul din partea sudică a zonei investigate, pornind din zona centrală a alunecării de teren existente, se propune realizarea unor lucrări de terasare, a căror geometrie este prezentată în figura 21 (unghiuri de taluz de 18 - 19°, respectiv berme de 5 m lățime, și, care să fie extinse până la limita celor două linii (L1 – L1, respectiv L2 – L2) marcate pe planul propus modificat (fig. 23).

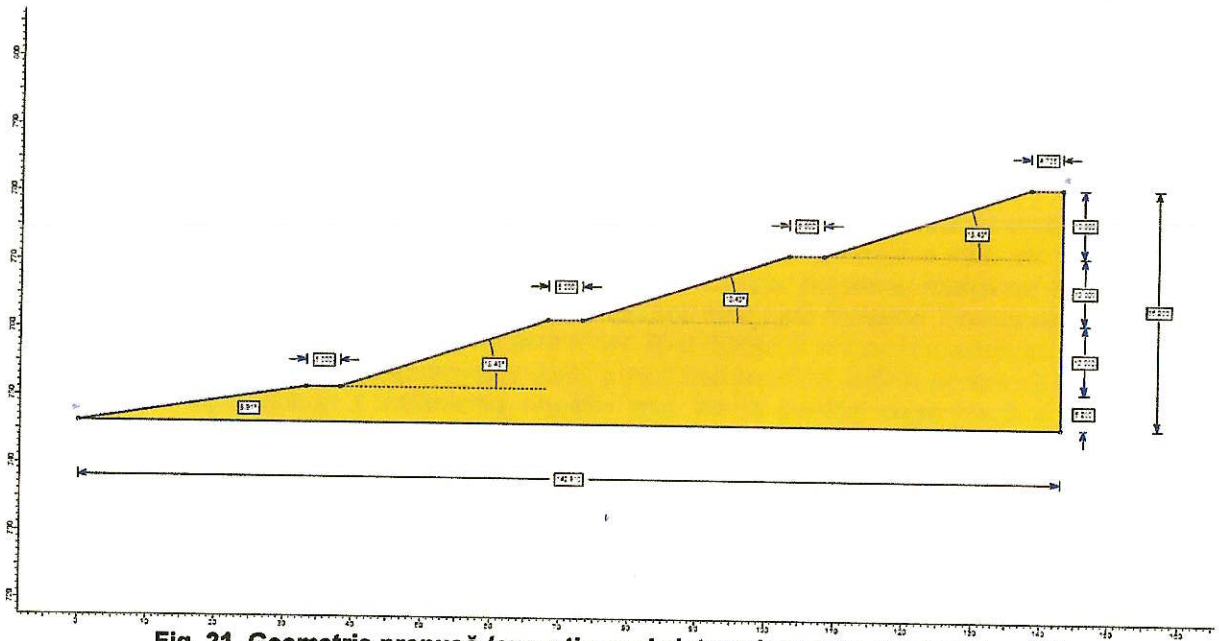


Fig. 21. Geometria propusă (execuția unui sistem de terase) pentru taluzul S

b. Pentru zona de influență a secțiunii C – C, cu toate că, așa cum s-a arătat în studiul de stabilitate și în analiza de risc, în condiții nedrenate, există o posibilitate semnificativă de producere a unei alunecări, considerăm că prin realizarea lucrărilor de amenajare propuse (care presupun o reducere a pantei și înălțimii, precum și realizarea unei nivelări generale a zonei, necesară pentru amenajarea terenurilor de sport și a zonei de agrement, completate cu lucrările de compactare conexe) rezerva de stabilitate va fi substanțial crescută, reducându-se riscul de alunecare la un nivel acceptabil. Construcția acestor terenuri de sport și a zonei de agrement trebuie să aibă în vedere și realizarea unui sistem corespunzător de colectare și dirijare a apelor din precipitații, astfel încât cantitatea de apă ce se infiltrează în ceea ce constituie terenul de bază (respectiv materialul haldat) să fie redusă pe cât posibil;

c. Pentru secțiunile B - B și D – D, deoarece așa cum am precizat, există și un risc de apariție a unor alunecări sub forma unor prăbușiri a unor blocuri sau fragmente de blocuri constituite din gresiile aflate în structura taluzurilor, propunem, ca și soluție de reținere a acestora, amplasarea la baza versanților a unor bariere metalice flexibile. Această barieră poate fi de tip flexibil – Geobrugg (fig. 22). De menționat este faptul că la aceeași capacitate energetică de preluare a impactului datorat blocurilor de rocă în cădere, bariera flexibilă este mult mai îngustă față de cele semi-rigide (din gabioane) – recomandată fiind o barieră de 1000 – 2000 kJ.

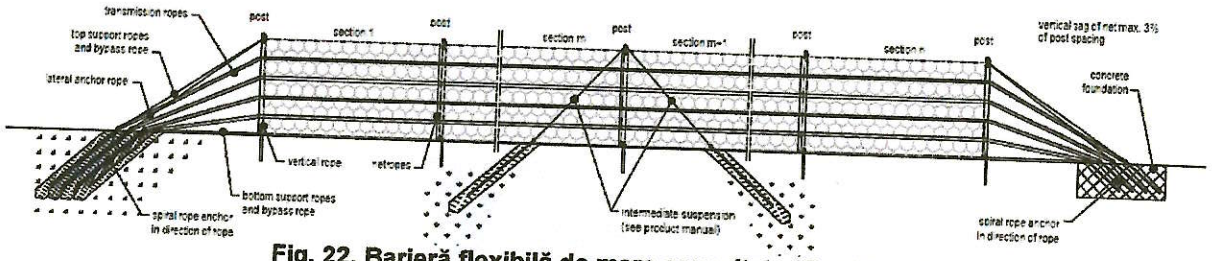


Fig. 22. Barieră flexibilă de mare capacitate (Geobrugg)

Amplasarea acestor bariere este marcată pe planul propus modificat (fig. 23), ca liniile G1 – G1, respectiv G2 – G2.

d. Amplasarea, eventual, ca măsură suplimentară de protecție, a unei a treia bariere flexibile, în zona mediană a secțiunii de analiză B – B, marcată pe planul propus modificat (fig. 23), ca linia Gs – Gs;

e. În zona secțiunii de analiză B – B, așa cum reiese din planul de amenajare propus, este prevăzută construcția unei alei betonate, ocazional carosabilă, amplasat în zona mediană a taluzului. Colectivul de cercetare consideră că această variantă nu este una fezabilă, din două motive:

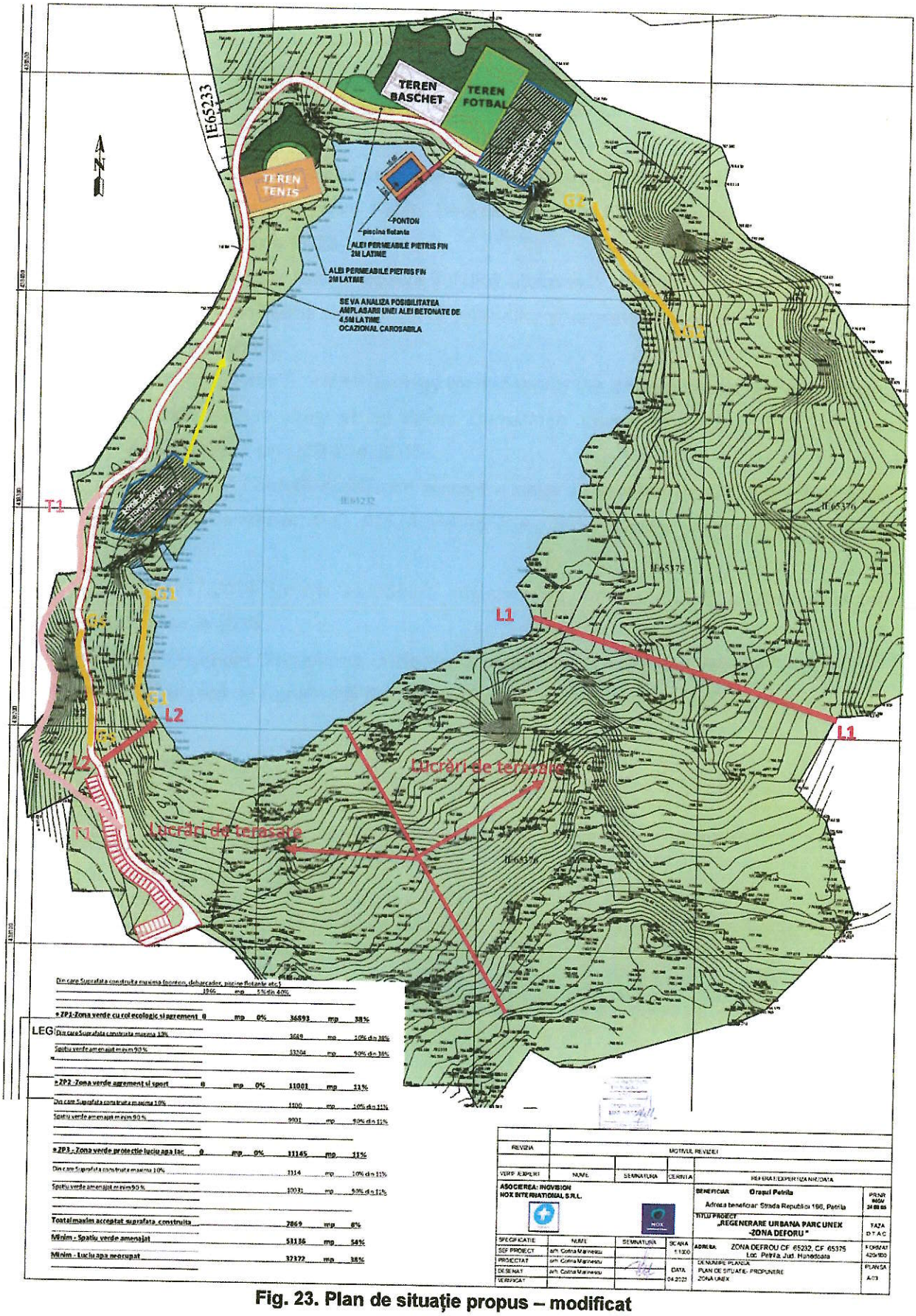
- realizarea acestei alei ar presupune executarea unor lucrări în debleu cu utilizarea unor utilaje de săpare pneumatice/hidraulice (roca de bază fiind constituită din gresii cu rezistență mecanică ridicată). Folosirea unor astfel de utilaje, generatoare de vibrații puternice va conduce la dezvoltarea necontrolată a sistemelor de fisuri existente și la apariția unora noi, ceea ce se traduce printr-o slăbire structurală suplimentară a versantului și la creșterea inerentă a riscului de producere a unei/unor alunecări prin masivul de gresie;
- în această zonă, ar fi absolut necesare lucrări suplimentare. Construcția unui zid de sprijin sau ancorarea masivului la partea situată deasupra nivelului de execuție a aleii. Iar pentru partea inferioară a taluzului, având în vedere înclinarea și înălțimea acestuia, marginea aleii ar trebui prevăzută cu bariere de protecție, realizate din beton sau elemente metalice. Aceste structuri trebuie privite ca supraîncărcări ale taluzului, de asemenea fiind dificilă și ancorarea acestora în taluz.

Din aceste motive considerăm că o soluție mult mai practică, ieftină și care să ofere un grad mai mare de siguranță ar fi ***relocarea acestei alei, pe la partea superioară a taluzului***, în vecinătatea limitei perimetrului funciar. Acest traseu alternativ este marcat de linia T1 – T1 pe planul propus modificat (fig. 23).

f. Zona de agrement localizată pe taluzul V, aproape de porțiune cu înclinare mare a acestuia, să fie relocată, pe același taluz, dar mai spre nord (mai aproape de terenul de tenis proiectat), în funcție de configurația terenului (săgeata galbenă);

g. Pe terasele nou create în partea de S a zonei de studiate se recomandă plantarea de puieți specifici zonei (eventual pin sau molid) pentru accelerarea refacerii din punct de vedere ecologic și creșterii suplimentare a rezervei de stabilitate prin efectul de armare pe care îl au rădăcinile arborilor;

h. Terasele nou create pe taluzul S, în dreptul parcării proiectate, pot fi consolidate suplimentar cu banchete din anrocamente, care să ocupe bermele (vezi fig. 21) pe o lățime în secțiune de 2,5 – 3 m.



Din care Suprafata construita maxima (foisoare, debarcader, piscine flotante etc)	1265	mp	5% din 40%		
* ZP1-Zona verde cu rol ecologic si agrement	0	mp	0%	36893 mp	38%
Din care Suprafata construita maxima 10%				3689 mp	10% din 38%
Spatiu verde amenajat minim 90 %				33204 mp	90% din 36%
* ZP2 -Zona verde agrement si sport	0	mp	0%	11001 mp	11%
Din care Suprafata construita maxima 10%				1100 mp	10% din 11%
Spatiu verde amenajat minim 90 %				9901 mp	90% din 11%
* ZP3 - Zona verde protectie lucru apa lac	0	mp	0%	11145 mp	11%
Din care Suprafata construita maxima 10%				1114 mp	10% din 11%
Spatiu verde amenajat minim 90 %				10031 mp	90% din 11%
Total maxim acceptat suprafata construita				2869 mp	6%
Minim - Spatiu verde amenajat				53136 mp	54%
Minim - Lucru apa neocupat				37372 mp	38%

REVIZIA	MOTIVUL REVIZIEI			
VERIF. REPERT	NUME	SEMNATURA	CERINTA	REFERAT/EXPERTIZA NR/DATA

ASOCIEREA: INGVISION NOX INTERNATIONAL S.R.L.

BENEFICIAR: Orașul Petrila
Adresa beneficiar: Strada Republicii 196, Petrila

TITLU PROIECT: „REGENERARE URBANA PARC UNEX -ZONA DEFORU "

SPECIFICATIE	NUME	SEMNATURA	SCARA 1:1000
SEF PROIECT	arh. Corina Marinescu		
PROIECTAT	arh. Corina Marinescu		
DESENAT	arh. Corina Marinescu		DATA 04.2023
VERIFICAT			

ADRESA: ZONA DEFROU CF 65232, CF 65375 Loc. Petrila Jud. Hunedoara

DENUMIRE PLANSA: PLAN DE SITUATIE- PROPUNERE ZONA UNEX

PRIMARIA 24 88 05 | FAZA D.T.A.C | FORMAT 420/600 | PLANSA A01

Fig. 23. Plan de situație propus – modificat

Bibliografie

1. Documentație Primăria Petrila (PUZ, Plan de încadrare în PUZ, Extras Carte Funciară, Certificat Urbanism, Avize parc Unex, Planșe – plan de încadrare, plan de situație actual, plan de situație propus).

2. S.C. INGVISION S.R.L. - Studiului geotehnic privind "Construire Parc Unex, reabilitarea zonelor verzi din cartiere: 8 Martie, Alexandru Sabia, George Enescu și Muncii, județul Hunedoara, orașul Petrila", București, decembrie 2022.

3. Todorescu A. – Proprietățile rocilor, Editura Tehnică, București, 1984.

4. Lazăr M., Faur F., - Stabilitatea şi amenajarea taluzurilor şi versanţilor. Exemple de calcul, Editura Universitas, Petroşani, 2015.

5. Lazăr M., Nyari I.M., Faur F., - Methodology for assessing the environmental risk due to mining waste dumps sliding - case study of Jiu Valley, Carpathian Journal of Earth and Environmental Sciences, Vol. 10, Issue 3, pp. 223-234, 2015.

6. Faur F., Lazăr M., etc. - Soluție stabilizare versant – stație de epurare Anina (Contract de servicii nr. 242/19.05.2021), Beneficiar: S.C. AQUACARAȘ S.A., Universitatea din Petroșani, noiembrie 2021.

7. Ordinul nr. 2597/2014 pentru aprobarea reglementării tehnice "Ghid privind proiectarea geotehnică", februarie 2015.

8. Ghid privind Proiectarea Geotehnică - indicativ GP 129-2014 – Evaluarea riscului Geotehnic.

9. Universitatea Tehnică de Construcții București - Cod de proiectare seismică P 100-1, aprobat de MDRAP, 2013.

10. https://www.geostru.eu

11. Google Earth Pro