

SC ARCON SERV SRL

Cluj-Napoca str. Tebei nr. 10

Nr.101/2014

EXPERTIZĂ TEHNICĂ ÎN SPECIALITATEA INGINERIE GEOTEHNICĂ

privind modul de asigurare a cerințelor de calitate specifice la lucrările executate pentru realizarea obiectivului de investiții CENTRU DE MANAGEMENT INTEGRAT AL DEȘEURILOR DIN MUNICIPIUL CLUJ NAPOCA

I. Introducere

CONSILIUL JUDEȚEAN CLUJ (CJC) a inițiat în anul 2007 procedura de achiziție publică pentru construirea unui Centru de Management Integrat al Deșeurilor în Județul Cluj. Titularul investiției este Ministerul Mediului și Dezvoltării Durabile din România, iar beneficiarul investiției este Consiliul Județean Cluj.

Proiectarea lucrarilor pentru fazele Documentație de Atribuire și Proiect Tehnic + Caiet de Sarcini a revenit consorțiului format din KOCKS Ingenieure persoana juridica de naționalitate germană, ENVIROPLAN Consultants & Engineers persoană juridică de naționalitate greacă, EPEM SA Environmental Planning Engineering and Management persoană juridică de naționalitate greacă și SC ROMAIR CONSULTING LTD persoană juridică de naționalitate română.

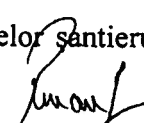
Executarea lucrarilor a revenit asocierii ATZWANGER S.P.A. persoană juridică italiană, LADURNER IMPIANTI SRL persoană juridică italiană, SC CONFORT SA persoană juridică română și SC VEL SERVICE SA persoană juridică română.

Activitățile de management al proiectului și de supraveghere a execuției lucrarilor în calitate de diriginte de șantier au fost atribuite firmei TAHAL Consulting Engineers LTD, Sucursala din București.

Lucrarile de execuție au început în anul 2012, constructorul fiind SC CONFORT SA. La sfârșitul anului 2012 acest constructor a intrat în insolvență și s-a retras din asociere. ATZWANGER S.P.A. a luat ca subantreprenor pe SC NAPOCA CONSTRUCȚII SA care a continuat lucrările.

Pe parcursul execuției au apărut următoarele evenimente:

- destabilizarea taluzului nordic aferent celulei de depozitare;
- suspiciuni legate de calitatea materialului folosit la realizarea Sistemului de drenare a apelor subterane de la celula de depozitare și de respectare a proiectului acestui sistem precum și suspiciuni legate de calitatea lucrărilor și proiectului;
- lucrări de excavații neautorizate executate de Antreprenor în afara limitelor șantierului,



respectiv sub digul sudic al celulei de depozitare, care pot afecta negativ stabilitatea și siguranța digului;

-dezacordul părților implicate în realizarea contractului (Antreprenor, Inginer și Proiectant) cu privire la caracteristicile stratului de argilă din componența Sistemului de drenare a apelor subterane aferent celulei de depozitare;

-dezacordul părților implicate în execuția contractului (Antreprenor, Inginer și Proiectant) cu privire la panta taluzului din zona de nord-est a celulei de depozitare;

-lucrările de reprofilare a taluzului exterior executate de către Antreprenor la baza digului estic, constatate de Beneficiar în data de 10.04.2014, care au condus la creșterea pantei taluzului cuprins între cota terenului natural și cota bermei orizontale, în sectoarele drumului perimetral aferent celulei de depozitare dintre km1+180 și km 1+200 și dintre km 0+000 și km 0+020;

Urmare acestor evenimente, beneficiarul a solicitat elaborarea unei expertize tehnice care să stabilească cauzele care au determinat neconformitățile, soluțiile de remediere precum și acțiunile necesare pentru continuarea și finalizarea lucrărilor. Conform caietului de sarcini care însoțește anunțul de achiziție directă a expertizei, obiectivele acesteia sunt:

1. verificarea proiectului tehnic în privința corectitudinii soluțiilor adoptate și a modului în care acestea au răspuns condițiilor geotehnice ale amplasamentului în vederea adaptării la teren și asigurarea cerințelor esențiale de stabilitate și rezistență,

2. verificarea calității și conformității tuturor lucrărilor executate cu cerințele stabilite prin Documentația de atribuire, Caietele de Sarcini, Proiectul tehnic, normativele tehnice în vigoare și cu cerințele legislației în domeniu, inclusiv stabilirea cauzelor, a posibilor responsabili precum și stabilirea soluțiilor și măsurilor tehnice ce se impun;

3. stabilirea cauzelor care au condus la pierderea stabilității taluzului nordic aferent celulei de depozitare din cadrul CMID Cluj, inclusiv soluțiile și măsurile tehnice ce se impun pentru asigurarea stabilității și rezistenței întregului taluz al celulei;

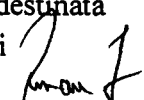
II. Prezentarea lucrării

Conținutul expertizei este structurat pe cele trei obiective stabilite de către beneficiar. Având în vedere că lucrările cu cele mai mari surse de risc și unde de fapt au apărut evenimentele care au condus la solicitarea expertizei sunt legate de Celula de depozitare, expertiza analizează în detaliu situația din această zonă, dar face aprecieri și observații și asupra lucrărilor de la celelalte două zone.

II.1. Proiectul tehnic

II.1.1. Date generale

Amplasamentul depozitului de deșeuri solide al județului Cluj este situat în intravilanul Municipiului Cluj-Napoca pe o colină numită „Postata sub păduri” sau zona „Tufele Roșii”, în apropierea vechiului depozit Pata Rât. El ocupă parțial platoul de la partea superioară a colinei și tot versantul sud-estic al colinei, până aproape de pâraul Zăpodia. Suprafața de teren destinată depozitului este de cca 30ha. Depozitul se încadrează în clasa b1 - depozite de deșeuri



nepericuloase.

Depozitul cuprinde trei părți caracteristice și anume (planșa nr. 1): zona tehnică (FIDIC GALBEN) situată pe platoul dealului a cărui înclinare este de cca 3,5% (cântărire, sortate, expediție, compostare, etc.), cu o suprafață de cca 14.30ha; zona de depozitare (celula de depozitare) amplasată pe versantul sud-estic cu înclinarea medie de cca 7,2% (4 grade) cu o suprafață de cca 8,30ha (FIDIC ROȘU) și zona de gestionare a levigatului provenit din celula de depozitare (rețea de colectare și transport levigat, stație de epurare, bazin de retenție și pompă levigat, atelier, clădire administrativă, etc.), situată între celulă și pâraul Zăpodia (FIDIC ROȘU). Între cele trei zone sunt drumuri de incintă. Local, există zone din amplasament în care versantul are o înclinare de până la 20 grade.

Activitatea proiectantului a început cu elaborarea documentației de atribuire. Aceasta cuprinde șase volume:

Volumul 1: Fișa de date;

Volumul 2: Condiții de contract;

Volumul 3: Specificații tehnice;

Volumul 4: Liste de cantități;

Volumul 5: Desene;

Volumul 6: Alte documente (ridicare topo, studiu geotehnic, avize);

Licitația pentru atribuirea execuției s-a desfășurat în baza acestei documentații, completată cu răspunsurile date de proiectant și beneficiar la întrebările puse de ofertanți.

Proiectul tehnic cuprinde piese scrise și piese desenate structurate pe 10 volume:

Volumul 1: Descriere generală și tehnologie;

Volumul 2: Arhitectura;

Volumul 3: Construcții civile și industriale;

Volumul 4: Instalații;

Volumul 5: Protecția la inundații;

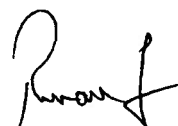
Volumul 6: Drumuri, platforme în incintă și drum de acces;

Volumul 7: Studii de specialitate. Topografie-Geodezie;

Volumul 8: Studiu geotehnic și hidrogeologic;

Volumul 9: Liste cu cantități de lucrări și Fișe tehnice;

Volumul 10: Specificații tehnice generale;



Lucrările de proiectare au început cu ridicarea topo a amplasamentului urmată de studiul geotehnic - hidrogeologic. Acesta din urmă a fost elaborat de către SC ROMAIR CONSULTING LTD. În cadrul studiului s-au făcut cinci foraje: două pe zona tehnică (F4 de 6,50m adâncime și F5 de 7,00m adâncime) și trei pe amplasamentul celulei de depozitare (F1 de 7,50m adâncime, F2 de 9,00m adâncime și F3 de 7,50m adâncime). În toate cele cinci foraje, după solul vegetal de 30cm grosime a fost interceptat un pachet de argile, argile grase, argile nisipoase, urmat de un strat de bolovăniș de gresie în care s-au oprit forajele. În forajele din zona de depozitare a apărut și apa. Nivelele hidrostatice stabilizate sunt mai ridicate decât nivelele hidrostatice inițiale (de interceptie), ceea ce arată că apa subterană este sub presiune.

Din foraje s-au recoltat probe care au fost analizate în laborator. Caracteristicile geotehnice ale straturilor interceptate sunt prezentate în studiul geotehnic. Studiul face mențiunea că amplasamentul este caracterizat de un potențial ridicat și de o probabilitate mare de producere a alunecărilor (excepție zona tehnică) atât din punct de vedere geomorfologic (înclinare) cât și din punct de vedere geologic (natura straturilor de pământ). În studiu nu se fac referiri la calitatea pământului din amplasament din punct de vedere al utilizării lui la umpluturi. Calitatea ca material pentru terasamente a unui pământ se stabilește pe baza următoarelor caracteristici:

- compoziție granulometrică;
- conținut de materii organice;
- compresibilitate;
- umflare liberă;
- sensibilitate la îngheț-dezghet;

Studiul nu dă informații despre conținutul de materii organice și nici despre umflarea liberă. Probabil că în această fază, nu s-a pus problema folosirii pământului excavat la realizarea terasamentelor.

Studiul este avizat de verificator de proiecte atestat.

II.1.2. Documentație de atribuire și Proiect tehnic

Celula de depozitare are o suprafață de cca 77621mp și o capacitate totală de cca 1569000mc. Lungimea celulei este de cca 470m, iar lățimea ei este variabilă de până la 210m (inclusiv taluzurile interioare). Celula se construiește prin excavații de cca 364000mc și umpluturi de cca 485000mc. Pe tot conturul, celula este delimitată de digul perimetral din pământ pe care va fi drumul intern 2. Longitudinal, fundul celulei este înclinat cu 10% spre aval (spre zona de gestionare a levigatului), între partea amonte și partea aval fiind o diferență de 40m. Transversal, fundul celulei este prevăzut a fi amenajat în dolii și coame (în W), cu pante de 5%, distanța dintre o dolie și o coamă fiind de 20m. Celula este împărțită în trei subcelule cu două diguri intermediare transversale. Înălțimile acestor diguri sunt cuprinse între 3m și 5m.

Digul perimetral se realizează prin excavarea celulei și cu umplutură de pământ. Înălțimea proiectată a digului față de cota săpăturii pentru celulă este de până la 16m, iar față de cota terenului natural din exteriorul celulei (de la baza digului) este variabilă, atingând valoarea maximă tot de 16m. Grosimea în ax a umpluturii din dig este de până la 14m.

Pantele proiectate ale taluzurilor digului sunt 2:3 pentru taluzul exterior și 1:2 pentru cel interior. În zonele cu înălțimi mai mare, taluzul exterior a fost împărțit în două cu o bermă orizontală de 3m lățime.

Pentru ca levigatul care se formează în celulă să nu ajungă în subteran și să poată fi evacuat din celulă în stația de tratare, celula trebuie să aibă un sistem de etanșare și de drenare a bazei și a taluzelor. Proiectantul a prevăzut ca sistem de etanșare a bazei celulei, un strat de argilă de 50cm grosime și o geomembrană. Peste geomembrană a prevăzut un strat de nisip de 10cm grosime, iar peste acesta stratul drenant din pietriș spălat cu granulația între 16mm și 32mm, de 50cm grosime. Taluzurile interioare ale celulei vor avea același sistem de etanșare, dar fără stratul de nisip și de dren. În capitolul 3 al Documentației de Atribuire (DA), la punctul 3.1.2 se menționează următoarele:

În conformitate cu legislația, baza rampei de gunoi ecologice și pantele laterale vor consta dintr-un strat mineral care satisface cerințele de permeabilitate și grosime, cu un efect combinat în ceea ce privește protecția apei subterane și a apei de suprafață cel puțin echivalent cu $k \leq 1.0 \times 10^{-9}$ m/s, grosimea ≥ 1.0 m.

În cazul în care condițiile menționate mai sus nu sunt îndeplinite în situația naturală, o barieră din sol artificial va trebui construită. Această barieră constă într-un sol de tipul argilei sau dintr-un alt material mineral (cum ar fi amestecul de sol de la locul de montaj cu bentonit) cu proprietăți echivalente și va avea o grosime de cel puțin 0,5m și un coeficient de permeabilitate minim (probabil maxim) de 10^{-9} m/sec, așa cum este reglementat de legislația românească pentru rampa de gunoi ecologică pentru deșeuri nepericuloase. Partea inferioară a sistemului de bariere ar trebui, de asemenea, să aibă o distanță minimă de 1m față de poziția apei subterane.

Întrucât adâncimea de excavare proiectată se extinde în stratul de nisip și pietriș și, astfel, niciun strat de argilă de la locul de amplasare nu intervine între partea inferioară a etanșării și masa apei subterane, plasarea a 1,5m de material argilos este recomandat sub căptușeala de argilă compactată. Astfel,



cerința de 1m de barieră geologică este îndeplinită.

Valorile minime ale proprietăților fizice ale materialului de argilă pentru îndeplinirea cerințelor de permeabilitate, în conformitate cu tasarea Proctor standard, sunt rezumate în tabelul următor:

Tabelul 3-1: Specificații tehnice căptușeală argilă

| Proprietate | Valoare |
|--|------------------------------|
| Limită lichid, LL (%) | 20 - 40, preferat 25 - 30 |
| Index plasticitate, PI (%) | 10 - 25 |
| Conținut argilă (diametru particulă < 0,074 mm) (%) | > 30, preferat 40 - 50 |
| Conținut argilă (diametru particulă < 2 μm) (%) | ≥ 20 , preferat 20 - 25 |
| Conținut argile de umflare (i.e. argilă smectică, illit) (%) | >10 |
| Conținut de nisip (%) | < 40 |
| Conținut organic (% κ.β.) | < 5 |
| Conținut de carbonat (% κ.β.) | < 10 |
| Diametru maxim pietriș sau cluster (mm) | 25 - 32 |

Trebuie să fac observația că textul de mai sus este destul de neclar. De altfel, menționez faptul că întreaga documentație scrisă pare a fi tradusă dintr-o limbă străină de persoane nefamiliarizate cu termenii tehnici de specialitate din limba română, ceea ce a condus la neclarități și confuzii. Din primele două alineate extrase din DA se poate concluziona că stratul de etanșare poate fi un strat natural de argilă cu grosimea de cel puțin 1m și cu k de cel mult 10^{-9}m/s (barieră naturală) sau, dacă natural nu există acest strat imediat sub cota săpăturii, se va pune o barieră construită din argilă bentonitică de minim 50cm grosime care să aibă $k \leq 10^{-9}\text{m/s}$ + o geomembrană. Deci din aceste două alineate se deduce că sistemul de etanșare poate fi în una din cele două soluții și nu din ambele soluții suprapuse. Confuzia este accentuată în alineatul trei prin plasarea a 1,5m de material argilos este recomandat sub căptușeala precizarea „„...

de argilă compactată. Astfel, cerința de 1m de barieră geologică este îndeplinită,

De fapt, pornind de la datele din studiul geotehnic conform cărora în amplasament este apă subterană sub presiune, proiectantul a dorit să respecte prevederea Normativului NP 757 de proiectare și executare a depozitelor de deșeuri în care, la punctul 3.1.2.3 se precizează că **distanța dintre nivelul maxim al apelor subterane și punctul cel mai de jos al suprafeței inferioare a stratului de izolare a bazei trebuie să fie de cel puțin 1,00m.** Prin urmare, stratul de izolare (etanșare) este cel din argilă bentonitică de 50cm grosime, iar pentru a menține apa subterană la 1m de acest strat, proiectantul a mai prevăzut un strat tot din argilă de 1m grosime (tot impermeabil pentru a împiedica apa subterană să se apropie de stratul etanș). Menționez însă că argila din amplasament are coeficientul de permeabilitate mult mai mare decât $10^{-9}m/s$, așa încât dacă se impune condiția $k \leq 10^{-9}m/s$, bariera de 1m grosime trebuie să fie și ea construită (amestec cu bentonită). În urma discuțiilor care au avut loc pe această temă între părțile implicate (Antreprenor, Inginer, Proiectant), s-a convenit ca valoarea de $10^{-9}m/s$ a coeficientului de permeabilitate a acestui strat cerută inițial să fie redusă la $10^{-7}m/s$.

Pe de altă parte, proiectantul a apreciat că apele subterane care vor circula pe sub celulă trebuie drenate pentru a evita acumularea lor sub celulă și apariția unor subpresiuni pe baza acesteia. Prin urmare, pe baza unor calcule hidraulice, el a prevăzut un strat drenant de 1,50m grosime din pietriș, sub bariera din argilă de 1m grosime. Fundul celulei fiind amenajat în W, pe doliile fundului, în stratul drenant sunt înglobate și tuburi perforate care să colecteze apa și să o conducă mai eficient înafara celulei. Așa s-a ajuns ca sub cota inferioară a barierei construite din argilă bentonitică de 50cm grosime, săpătura să coboare cu încă 2,50m. Evident soluția este în concordanță cu situația din teren și cu prevederile normativelor. Chiar dacă stratul drenant de 1,50m grosime ar fi inundat complet de apa subterană, prevederea ca între aceasta și stratul de etanșare să fie cel puțin 1m va fi îndeplinită prin prezența barierei din argilă de 1m grosime. În realitate, dacă drenul va funcționa corect, stratul drenant nu va fi complet inundat, iar distanța va fi mai mare decât cea minimă prevăzută de normativ. Pentru materialul din stratul drenant, documentația prevede granulometria din tabelul 4.2, coeficientul de permeabilitate k de cca $2 \times 10^{-3}m/s$, fără substanțe organice și conținut de carbonat de calciu sub 10%.

Tab.4.2. Mărimea materialului de drenare (extras din DA)

| ASTM | Procentul de material ce trece în funcție de greutate |
|---------------|---|
| Site Standard | (%) |
| 3 inci | 100 |
| 2 inci | 87 – 100 |
| 1,5 inci | 79 – 100 |
| 1 inci | 65 – 100 |
| ¾ inci | 55 – 90 |
| 3/8 inci | 30 – 70 |

| | |
|---------------|--------|
| No 4 (sită) | 0 – 45 |
| No 10 (sită) | 0 – 15 |
| No 40 (sită) | 0 – 3 |
| No 100 (sită) | 0 – 2 |
| No 200 (sită) | 0 – 1 |

Proiectul prevede ca stratul drenant de 1,50m grosime să fie continuat în digul perimetral. Pe toate profilele longitudinale și transversale prin celulă, linia drenului este dusă în corpul digului. După ultimele detalii, stratul drenant trebuie să intre în corpul digurilor longitudinale pe o lungime de 5,30m (planșa nr.52). Cele două geotextile în care este învelit materialul drenant se întâlnesc la capătul distanței de 5,30m și sunt ancorate într-un șanț de ancorare din corpul digurilor. Zonele drenante din corpul digului au înclinarea înspre celulă. La digul aval (latura estică), stratul drenant este prevăzut sub tot digul. Această înclinare poate favoriza acumularea de apă în stratul drenant din partea joasă a celei. În general, nu toată apa dintr-un dren ajunge în tuburile perforate. Există întotdeauna o cantitate de apă care se deplasează prin materialul drenant. Dacă porțiunea de dren din corpul digului estic are contrapantă, există posibilitatea acestei acumulări. În timp apa acumulată se infiltrează în corpul digului, înmoaie pământul și îi reduce rezistența la forfecare, fapt care poate conduce la instabilitate. Pentru a evita această acumulare de apă, drenul ar trebui să continue pe sub dig cu o înclinare spre exteriorul celei.

Referitor la materialul prevăzut în digul perimetral, în cap. 8-Lucrări de drumuri din DA, la punctul 8.4.8 se precizează:

Materialul ce urmează a fi folosit la construirea terasamentului drumului trebuie să răspundă cerințelor de la material bun la excelent material, conform AASHTO. Pentru a atinge parametrii de rezistență $c = 5\text{kPa}$ și $\phi = 35^\circ$, materialul granular trebuie să respecte clasificarea A-1-a (materiale formate predominant din fragmente de roca sau pietris, fie cu sau fără un liant de sol corespunzător) sau A-1-b (materiale formate predominant din nisip de slabă calitate fie cu sau fără un liant de sol bine definit).

Materialul trebuie să fie bine definit ca standard, fragmentele având mărimea maximă de 15 cm.

Conform acestei precizări, este clar că proiectantul a prevăzut ca material pentru diguri un pietriș cu nisip și bolovăniș (balast), material care nu se află în amplasament. În toate calculele de stabilitate făcute de proiectant, în diguri s-a considerat un material cu $c = 5\text{kPa}$ și $\phi = 35^\circ$.

În cadrul clarificărilor cerute de ofertanți, s-a pus și întrebarea despre natura materialului din diguri. Răspunsul proiectantului este următorul:

Depozitele deluviale formate din argile, argile nisipoase și nisipuri, cu fragmente mici de gresie, situate în partea de sus a amplasamentului pot fi folosite ca material de umplură. Menționăm că aceste depozite conțin în

aceleași locuri, în funcție de cartografierea făcută pe amplasament, fragmente decimetrice de rocă, care trebuie scoase din materialul deluvial înainte de utilizare.

Acest răspuns este o confirmare a faptului că pământul excavat din amplasament poate fi folosit la realizarea digurilor, ceea ce s-a și făcut la execuție.

În realitate, alegerea unui pământ ca material pentru terasamente se face pe baza încadrării lui în una din clasele de calitate din tabelele 1a și 1b din capitolul 5-Terasamente al volumului 10 – Specificații tehnice generale al Proiectului tehnic. În documentația consultată nu am găsit această încadrare, iar studiul geotehnic din cadrul proiectului tehnic nu conține toate caracteristicile geotehnice care sunt necesare acestei încadrări.

Conform rezultatelor din studiul geotehnic întocmit în cadrul acestei expertize (cinci foraje făcute în corpul digului până în terenul natural de sub dig), situația este următoarea:

-pământul din cele două diguri longitudinale și din digul transversal estic este alcătuit din punct de vedere granulometric din argile, argile prăfoase și nisipoase, de consistență de la plastic consistente la plastic vâtoase; în forajul F3 a fost interceptat și un strat de praf argilos nisipos; indicele de plasticitate al pământului variază între 17% și 43%;

-culoarea pământului extras din foraje variază de la negricioasă la gălbuie;

-sensibilitatea la îngheț-dezghet este mijlocie-mare (după granulometrie și indicele de plasticitate);

-conținutul de materii organice este sub 5%;

-compresibilitatea este mare;

-umflarea liberă este mare;

Pe baza acestor date, pământul din corpul digurilor are **simbolul 4d și calitatea rea pentru terasamente**. Normele prevăd că la realizarea terasamentelor în rambleu cu pământuri anorganice simbol 4d și calitate rea este necesar ca alegerea soluției de punere în operă și eventualele măsuri de îmbunătățire să fie fundamentate cu probe de laborator pe considerente tehnico economice.

Pe de altă parte, odată cu modificarea materialului din diguri, ar fi trebuit reluată analiza stabilității digurilor. Acest lucru s-a făcut abia în mai 2014 la insistențele Beneficiarului. În această analiză s-au folosit caracteristicile de calcul date în studiul geotehnic întocmit de ROMAIR. La pagina 20 din acest studiu, pentru deluviul alcătuit din argilă, argilă nisipoasă, argilă grasă și nisipuri, cu fragmente de gresie se dau:

-unghiul frecării interne (10-14)grade;

-coeziunea (40-66)kPa;

În adresa Proiectantului către Beneficiar se menționează că valorile luate în calcul sunt 14grade și 40kPa, iar calculele confirmă stabilitatea taluzurilor digurilor.

Nu pot să nu remarc totuși că fișele forajelor din studiul geotehnic al ROMAIR conțin numai trei probe supuse la încercarea de forfecare: pe o probă s-au stabilit valorile $\phi = 14^{\circ} 28'$ și $c = 74,4\text{kPa}$, pe alta $\phi = 5^{\circ} 29'$ și $c = 63,0\text{kPa}$, iar pe a treia $\phi = 1^{\circ} 70'$ și $c = 62,7\text{kPa}$. Toate cele trei probe au fost recoltate din argila negricios-cafenie. Adâncimile de recoltare ale probelor au fost de 1,0m, 1,5m și 3,0m, adâncimi pe care predomină într-adevăr culoarea neagră. Dacă valorile coeziunii din

fișe se corelează cu valorile de calcul date în studiu, nu același lucru se poate spune despre valorile unghiului de frecare internă care diferă între ele cu până la de 8 ori. În plus, în diguri nu trebuia utilizată argila negricioasă ci argila cafeniu-gălbuie pentru care de fapt nu s-au făcut încercări de forfecare (conform studiului geotehnic prezentat expertului). Prin urmare nu este clar cum a ajuns întocmitorul studiului geotehnic la valorile de calcul date.

Pentru straturile de pământ de sub umplutura digului, în calculele proiectantului s-au folosit următoarele perechi de valori ϕ și c : 0 grade și 70kPa, 0 grade și 100kPa, 32 grade și 0 kPa. Aceste valori nu apar în studiul geotehnic al ROMAIR, iar în studiul geotehnic întocmit de GEO TECH, în forajul F12 (cel mai apropiat de digul alunecat) sunt date valorile $\phi = 14$ grade și $c = 27$ kPa.

În concordanță cu normativele în vigoare (NP 122-2010 – Normativ privind determinarea valorilor caracteristice și de calcul ale parametrilor geotehnici), valoarea caracteristică a unui parametru este valoarea stabilită ca o estimare prudentă a valorii care influențează apariția stării limită în construcția geotehnică. Ea are o valoare superioară, una inferioară și una locală. În general zona de teren care guvernează comportarea unei structuri geotehnice la o stare limită este mult mai mare decât proba de laborator sau decât zona de teren afectată de o încercare in situ. În consecință, valoarea unui parametru geotehnic care guvernează starea limită este de obicei valoarea medie a unui șir de valori care acoperă o suprafață sau un volum mai mare de teren și ea trebuie să fie o estimare prudentă a acestei medii. Nivelul de siguranță în stabilirea acestor valori este cel corespunzător nivelului minim prevăzut de EUROCODURI. NP 122-2010 prevede că proiectantul poate cere un nivel de siguranță mai ridicat. Valoarea caracteristică inferioară se folosește când ea este mai nefavorabilă pentru apariția stării limită, iar valoarea caracteristică superioară se folosește dacă aceasta este mai nefavorabilă pentru apariția stării limită. Evident, în stabilitatea taluzurilor și versanților, valorile inferioare ale ϕ și c sunt cele nefavorabile. Valoarea caracteristică locală a unui parametru este valoarea caracteristică obținută ca o estimare prudentă, de regulă a celei mai scăzute valori din volumul de teren care guvernează apariția stării limită în structura geotehnică sau în părți ale acesteia. Este evident că folosirea valorilor caracteristice locale în proiectare, conduce la supradimensionări a lucrării geotehnice și implicit la creșterea prețului de cost. Ele pot fi totuși folosite pentru verificarea cerințelor de rezistență și stabilitate a unor părți limitate dintr-o lucrare sau a întregii lucrări dacă condițiile de amplasament, de execuție sau de exploatare sunt deosebite.

În studiul geotehnic întocmit de SC GEO TECH SRL din Gheorgheni în anul 2012 au fost supuse la forfecare un număr de 15 probe recoltate din pachetul deluvial argilos și s-au stabilit valori ale unghiului de frecare internă de (12-28)grade și ale coeziunii de (24-58)kPa. Prelucrarea statistică a acestor valori a condus la următoarele valori caracteristice superioare, inferioare și locale ale unghiului de frecare internă și ale coeziunii:

$$\Phi_{ksup} = 19,8\text{grade}; \Phi_{kinf} = 15,8\text{grade}; \Phi_{kloc} = 9,7\text{grade};$$

$$c_{ksup} = 44,7\text{kPa}; c_{kinf} = 34,7\text{kPa}; c_{kloc} = 19,2\text{kPa};$$

În calculele de stabilitate făcute în cadrul expertizei nr. 41/2012 s-au folosit valorile $\phi_k = 17$ grade și $c_k = 35$ kPa reduse cu coeficienții parțiali din EUROCOD, iar calculele au dat și coeficienți de siguranță subunitari sau foarte aproape de valoarea corespunzătoare echilibrului limită. Evident, cu valorile caracteristice locale rezultatele sunt și mai nefavorabile.

Un alt aspect care nu trebuie neglijat este faptul că materialul din dig este unul remaniat. El a fost excavat, transportat, întins și compactat. Caracteristicile lui pot diferi de cele ale aceluiași

material din depozitul natural. Există păreri ale unor specialiști conform cărora prin excavare-transport-întindere-compactare coeziunea pământului se poate reduce cu până la 40%. Alții apreciază că prin compactare parametri rezistenței la forfecare pot să crească.

Antreprenorul ar fi trebuit să execute înainte o pistă experimentală pe care să stabilească atât parametri compactării (grosimea stratului, numărul de treceri ale utilajului pe același strat, etc.) cât și parametri rezistenței la forfecare a pământului compactat. Proiectul prevede acest lucru, dar în continuare face precizarea că dacă nu se execută tronson experimental, grosimea stratului pus în operă nu va fi mai mare de 20cm, iar antreprenorul a mers pe această variantă.

Referitor la pregătirea terenului natural de sub umplutură, proiectul prevede printre altele îndepărtarea stratului vegetal pe o grosime de 30cm și executarea treptelor de înfrățire numai când panta terenului natural este peste 20% (cap. 5 – Terasamente, subcapitolul 5.2 – Terasamente pentru drumuri, punctul 5.2.4.6 – Pregătirea terenului de sub rambleuri), prevedere preluată de altfel din STAS. Este interzisă de asemenea utilizarea la executarea umpluturilor a pământurilor organice (pământuri cu conținut de materii organice peste 5%). Limita de 20% peste care antreprenorul trebuie să facă trepte de înfrățire mi se pare destul de mare în condițiile acestui amplasament. 20% înseamnă o înclinare de 11,3 grade, destul de mare în raport cu valorile unghiului de frecare internă a pământului din amplasament date de studiile geotehnice. Există aproape întotdeauna pericolul ca suprafața înclinată dintre un terasament și terenul natural argilos pe care se execută să se transforme într-o suprafață de alunecare întrucât este foarte greu să fie complet împiedicate infiltrațiile de apă pe această suprafață. Apa infiltrată pe această suprafață alterează stratul de pământ argilos pe o grosime mică dar suficientă pentru a antrena alunecarea. Analizând secțiunile transversale prin digul nord-estic destabilizat, rezultă că înclinarea terenului de sub dig în această zonă a fost de până la (8-9)grade și consider că treptele de înfrățire aduceau un plus de siguranță.

În ceea ce privește verificarea calității lucrărilor, pentru fiecare tip de lucrare proiectul indică parametri prin care se face verificarea, valorile minime care trebuie realizate, toleranțele admise, metodologia de determinare și frecvența determinărilor.

În documentație există de asemenea PROGRAMUL de control al calității lucrărilor.

II.2 Lucrări executate

În acest moment, lucrările de excavare pentru **celula de depozitare** sunt executate în proporție de cca 70%, iar digul perimetral este executat în proporție de cca 80%. În planșele anexate nr. 3-46 este relevată situația actuală. Pe secțiuni sunt marcate linia actuală a suprafeței terenului, linia proiectată a suprafeței terenului, linia proiectată a bazei sistemului de drenare a celulei (cota săpăturii) și linia terenului natural inițial. Din compararea acestor linii se poate vedea stadiul actual al lucrărilor la celulă și măsura în care lucrările executate corespund dimensional cu cele proiectate.

Din profilele transversale și longitudinale se poate constata că geometria digului perimetral executat diferă de geometria proiectată. Sunt zone în care taluzurile executate sunt sub taluzurile proiectate, în alte zone taluzurile executate sunt deasupra celor proiectate și sunt zone în care pantele taluzurilor sunt mai mari (sau mai mici) decât cele din proiect. Există de asemenea zone în care digul executat este deplasat înspre celulă. Dacă zonele cu pământ în exces pot fi aduse la linia din proiect prin operația de finisare a taluzurilor, în zonele cu pământ mai puțin operația de completare este mai complicată. Nu se poate pur și simplu depune pe un taluz un strat de pământ pentru că acesta nu poate fi compactat și există riscul ca el să alunece. Aceste completări trebuie

făcute cu trepte de înfrățire care presupun desfacerea parțială a digului.

Întrucât în partea de jos a celulei (subcelulele 1 și 2) s-a executat și sistemul de drenare, s-au făcut sondaje prin care să se stabilească dacă s-a respectat proiectul sistemului de drenare. S-au constatat următoarele (planșa nr. 51):

-cota actuală a fundului celulei este cu cca 3m deasupra cotei proiectate a săpăturii, deși pe fundul celulei este așternut un strat de pietriș de numai cca 25cm grosime (în loc de 1,50m grosime); stratul de pietriș este pus între două geotextile;

-fundul celulei nu este excavat în W (cu dolii și coame) ca în proiect și nici stratul de pietriș nu respectă acest profil;

-pe liniile doliilor din proiect s-au executat șanțuri de cca 1,00m x 2,00m, pe pereții și fundul șanțurilor s-a pus geotextil, după care șanțurile au fost umplute cu pietriș; la baza acestor șanțuri s-au pozat tuburile perforate din proiect; toate tuburile perforate se întâlnesc într-un cămin de sub digul estic (conform proiect), iar din acest cămin apa este preluată de o țevă corugată de 500mm diametru și condusă la pâraul Zăpodia; menționez că această țevă a fost proiectată din beton și a avut diametrul de 800mm; schimbarea diametrului și a materialului are acceptul proiectantului; la extremitatea de sus a șanțurilor drenante (la limita de sus a subcelulei 2) s-a executat un șanț drenant transversal aproape pe toată lățimea celulei; rolul acestuia este de a capta apa din amonte și de a o conduce la șanțurile drenante longitudinale;

-sistemul de drenare executat nu reușește să dreneze apa; după fiecare ploaie, șanțul drenant transversal este inundat cu apă și rămâne inundat mult timp; cu regimul precipitațiilor din ultima perioadă, acest dren este permanent inundat; este posibil ca materialul drenant să fie colmatat de pământul adus de apă sau de partea fină din material; geotextilul nu acoperă și partea superioară a pietrișului din șanț; apa curge peste stratul de pietriș de cca 25cm grosime din celulă și îl antrenează; există zone în care pietrișul este complet antrenat până la geotextilul de sub pietriș;

-urmăre a faptului că sistemul de drenare executat nu funcționează corespunzător, o parte importantă din apa din precipitații se scurge pe fundul celulei și se acumulează în celulă la baza taluzului digului estic, în zona unde tuburile perforate subtraversează digul; la ploile abundente, stratul de apă acumulat atinge grosimi de peste 1m; de aici, o parte din apă se infiltrează în dig; la fiecare vizită făcută pe șantier de către subsemnatul, în această zonă a celulei băltea apa; dacă drenul celulei era executat și sub dig și cu pantă spre exteriorul celulei, apa care nu ajunge în tuburile perforate din diferite motive nu se acumula în celulă;

-tot în partea de jos a celulei, s-a executat un drum de acces auto în celulă, de pe dig; în zona de racordare dintre digurile nordic și estic care este de altfel alunecată, prin creerea acestui acces în celulă s-a realizat un fel de groapă între drum și dig; și în această zonă se acumulează apa, iar de aici se infiltrează în dig; cum în această vară a ploat mult, groapa a fost permanent cu apă; faptul că apa se infiltrează în dig este confirmat de umiditatea materialului din dig; pe fișele forajelor F3 și F4 se vede că la adâncimea fundului celulei, umiditatea are valori mult mai mari decât în zonele superioare și inferioare;

-parțial, peste stratul de pietriș este întins un strat de argilă rezultată din săpături; grosimea lui este de cca 50cm;

-drenul executat nu este ancorat în diguri, așa cum prevede proiectul; după ultimele detalii, drenul de 1,50m grosime trebuie să intre în digurile longitudinale (sudic și nordic) pe o adâncime de 5,30m (planșa nr. 52), iar sub digul estic pe toată lățimea bazei digului; evident această

ancorare nu se mai poate face acum decât dacă se demolează parțial (total cel estic) digurile, întrucât acestea sunt aproape de cota finală;

Referitor la materialul folosit la dren, el este un pietriș cu nisip și are compoziția granulometrică dată în studiul geotehnic anexat. Suprapunând această granulometrie peste cea indicată în Documentația de Atribuire, se observă că materialul nu respectă cerințele din Documentația de Atribuire; la probele C1 și C3, 30% din material are diametrul mai mic decât cel indicat în DA, iar la proba C2, 50% din material este înafara domeniului indicat. Cantitatea prea mare de parte fină poate conduce la colmatarea drenurilor. Pentru materialul din dren s-a determinat și conținutul de materii organice și cel de carbonați, rezultând zero materii organice și sub 5% carbonați (4,84% conținut maxim determinat).

În ceea ce privește permeabilitatea materialului drenant, buletinele de analiză dau valorile: $k = 0,129 \times 10^{-3} \text{m/s}$ și $k = 0,471 \times 10^{-3} \text{m/s}$. Prin urmare, materialul nu corespunde nici din acest punct de vedere. Probele pe care s-au determinat granulometria și coeficientul de permeabilitate au fost preluate din șanțurile drenante ale subcelulelor 1 și 2.

Pentru verificarea materialului din diguri, s-au executat cinci foraje până în terenul natural de sub umplutură (forajul F4 s-a oprit la cca 50cm de terenul natural). Forajele F1 și F2 sunt pe digul sudic (neafectat de alunecări), forajele F4 și F5 sunt pe digul nordic (afectat parțial de alunecări), iar forajul F3 este pe digul estic. Din foraje s-au preluat probe de pământ aproximativ din 2m în 2m care au fost supuse analizelor de laborator. S-au determinat caracteristicile fizico-chimice și cele mecanice de rezistență și deformabilitate. Au rezultat următoarele:

-pământul din rambleul digului este din punct de vedere granulometric alcătuit din argile, argile prăfoase și nisipoase, de consistență de la plastic consistente la plastic vârtoase; în forajul F3 a fost interceptat și un strat de praf argilos nisipos; indicele de plasticitate al pământului variază între 17% și 43%;

-culoarea pământului extras din foraje variază de la negricioasă la gălbuie (vezi coloanele litologice din studiul geotehnic), culoarea gălbuie fiind totuși predominantă (mai puțin în forajul F4); în forajul F5, sub umplutură s-a interceptat argila neagră naturală, în grosime de cca 1,50m;

-conținutul de materii organice este sub 5%;

-compresibilitatea este mare; valorile modulului de deformație edometrică sunt sub 10000kPa;

-umflarea liberă este mare ($U_L > 110$);

-greutatea volumică în stare uscată a pământului din dig variază pe grosimea umpluturii între 14,24kN/mc și 14,78kN/mc (diferență de 3,8%) în F1, între 13,67kN/mc și 15,31kN/mc (12% diferență) în F2, între 14,91kN/mc și 15,68kN/mc (5,2%) în F3, între 13,71kN/mc și 16,30kN/mc (18,9%) în F4 și între 14,80kN/mc și 16,48kN/mc (11,3%) în F5; încercările Proctor au condus la valoarea maximă (media) de 1,64gr/cmc pentru densitatea uscată; considerând o valoare medie a densității uscate a umpluturii pe fiecare foraj, gradele de compactare pe foraje sunt: 0,901 în F1, 0,920 în F2, 0,941 în F3, 0,926 în F4 și 0,958 în F5; valoarea minimă a gradului de compactare este de 0,850 în forajul F2 la adâncimea de cca 11m, iar valoarea maximă este de 1,024 în forajul F5 la adâncimea de cca 5,50m; între cele două valori extreme este o diferență procentuală de 20,5%.

-caracteristicile de forfecare ale umpluturii (unghiul frecării interne și coeziunea) variază mult atât pe adâncimea unui foraj cât și între foraje; valoarea minimă a unghiului de forfecare

internă este de 0,58 grade în forajul F3 la 3,50m adâncime, iar valoarea maximă este de 15,24 grade în forajul F5 la adâncimea de 7,50m; coeziunea umpluturii variază între 59,34kPa în forajul F1 la adâncimea de 5,75m și 155,83kPa tot în F1 la adâncimea de 7,30m;

-în forajele F3 și F4 făcute în apropierea zonelor din celulă în care se acumulează și staționează apa, umiditatea umpluturii are o creștere importantă la adâncimile fundului celulei (unde bălțește apa); de la cca 23% la 30,55% în F4 și de la cca 20% la 28,64% în F3; acest lucru dovedește că apa acumulată în celulă s-a infiltrat în dig;

Investigațiile făcute nu au reușit să identifice dacă pe terenul natural de sub diguri au fost făcute sau nu trepte de înfrățire. Cu prevederea din Proiectul tehnic conform căreia treptele de înfrățire se vor face numai dacă panta terenului trece de 20%, probabil că ele nu s-au executat. În taluzurile digurilor nu se văd aceste trepte.

Referitor la supravegherea execuției lucrărilor de către Inginer și Proiectant, fac următoarele precizări:

-există procese verbale de recepție calitativă semnate de dirigințele de șantier, pentru lucrări neconforme cu proiectul; exemplu: PVRC 86 din 06.12.2013 de recepție a umpluturii pentru stratul drenant al celulei, subcelula 2;

-s-au executat lucrări deși lucrările anterioare nu au fost recepționate; exemplu: întinderea geotextilului și așternerea stratului drenant fără recepționarea cotei finale a săpăturii;

-digurile au fost executate aproape de cota finală fără a se face ancorarea stratului drenant în diguri așa cum prevede proiectul; Inginerul trebuia să informeze Proiectantul și Beneficiarul și să oblige Antreprenorul să respecte proiectul;

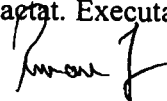
-s-a executat drenul celulei cu un material asupra căruia nu s-au făcut toate testele necesare; executantul a prezentat un buletin de încercare pentru permeabilitatea materialului și unul pentru granulometria acestuia, dar Inginerul trebuia să se implice și el în aceste teste; numărul testelor este prea mic;

-proiectantul nu s-a implicat suficient în urmărirea execuției și în rezolvarea problemelor care au apărut; nu cunosc clauzele contractului dintre proiectant și beneficiar, dar regula general-valabilă este că proiectantul trebuie să răspundă la solicitările beneficiarului și executantului de a soluționa problemele care apar la execuție;

-procesele verbale de faze determinante care mi-au fost puse la dispoziție nu sunt semnate și de proiectant;

-în umplutura din diguri și din platforma administrativă s-a pus în operă un pământ a cărui calitate ca material de umplură nu a fost testată conform normelor în vigoare; personal am îndoieli și asupra grosimii stratului elementar pus în operă; la întocmirea expertizei nr. 51/2012 pentru umplutura zonei administrative, din grosimea umpluturii la acea dată și din numărul de straturi verificate rezulta o grosime medie de cca 57cm pe strat compactat;

În ceea ce privește verificarea calității lucrărilor executate, aceasta s-a făcut de către laboratorul Facultății de Construcții din Cluj-Napoca pentru umpluturile executate de SC CONFORT SA. S-a determinat gradul de compactare și modulul de deformare a straturilor elementare. După preluarea execuției de către SC NAPOCA CONSTRUCȚII SA, verificările au fost făcute de către laboratorul acestei societăți, iar rezultatele au fost prezentate Inginerului. La execuția umpluturii, pământul pus în operă a fost excavat din zona tehnică, încărcat în mijloacele de transport, dus la locul de punere în operă, întins cu un buldozer și compactat. Executantul nu a



avut un laborator de șantier care să determine umiditatea pământului înainte de a fi depus pe dig. În general, la lucrări cu asemenea volume de terasamente, normativele cer organizarea unui astfel de laborator de șantier în care să se poată determina zilnic cel puțin umiditatea pământului care urmează a fi pus în operă. În proiectul tehnic se face referire la acest laborator.

În zona tehnică, lucrările s-au derulat fără evenimente majore. Clădirile proiectate sunt executate la roșu, cu respectarea proiectului. Platforma zonei s-a realizat prin săpătură și este delimitată de taluzuri de debleu pe laturile sud-vestice. Deși au fost ruperi locale ale taluzurilor, acestea au fost reprofilate și sunt în acest moment stabile. Remarc doar faptul că pe laturile nord-estice pământul excavat a fost pur și simplu împins pe versant fără nici o amenajare, existând pericolul ca la fiecare ploaie mai abundentă acesta să alunece. Mai fac observația că lucrările exterioare ne-fiind finalizate, pe platformă sunt zone în care bălțește apa, evident cu pericolul de infiltrare în teren. La executarea drenurilor din cadrul proiectului de consolidare a taluzului vestic al celulei s-a interceptat apă. O parte din această apă provine din cea care bălțește pe platformă.

În zona de gestionare a livigatului sunt executate la roșu clădirea administrativă și hala întreținere utilaje, cu respectarea proiectului. Există o problemă în această zonă legată de umplutura executată și anume: din cauza unei greșeli de proiectare (eroare de reprezentare), taluzul nord-estic al platformei administrative a fost deplasat înspre platformă reducându-se astfel suprafața acesteia, ceea ce face imposibilă amplasarea obiectelor conform proiectului. Problema este în curs de rezolvare de către Proiectant și Inginer. Menționez de asemenea ca o problemă destul de gravă, ravenarea suprafețelor taluzurilor platformei de către apa din precipitații pe adâncimi mari, întrucât aceste taluzuri nu au fost protejate.

II.3 Stabilitatea digului perimetral al celulei

Unul din evenimentele majore care au avut loc pe amplasament este destabilizarea în octombrie 2013 a digului nordic al celulei începând de la zona de racordare a acestuia cu digul estic (planșa nr.2). Taluzul exterior al acestui dig a alunecat pe o lungime de cca 150m, treapta de desprindere fiind situată pe coronamentul digului. Coronamentul este afectat pe cca. jumătate din lățime. Menționez faptul că în această zonă taluzul digului nordic are înălțimea cea mai mare. Există alunecări locale și mai superficiale și pe taluzul interior al digului. Părțile implicate în lucrare au avut un schimb de opinii asupra evenimentului, fără ca acestea să fie finalizate printr-o soluție de remediere. Mai mult, fiecare parte a transferat responsabilitatea către celelalte părți. Prin urmare, Beneficiarul a cerut un punct de vedere subsemnatului ca elaborator al expertizei din 2012 și verficatorului de proiect, prof.dr.ing. Popa Augustin, iar Antreprenorul a prezentat și el o notă de constatare asupra evenimentului, întocmită de către SC CONSTRING SRL.

Din documentele existente pe această temă, se desprind următoarele:

-expertiza nr. 41 din 2012 a avertizat asupra necesității re-evaluării pantelor digului întrucât calculele de stabilitate au condus și la coeficienți de siguranță subunitari sau la limită; parametri de forfecare luați în calcul au fost cei dați de studiul geotehnic al SC GEO TECH SRL; măsurile propuse de expertiză nu au fost implementate în proiect;

-verficatorul Af al proiectului, prof.dr.ing. Popa Augustin, a cerut prin referatul de verificare ca gradul de compactare a pământului din rambleul digului să fie de cel puțin 98%, iar parametri de forfecare ai pământului compactat să atingă valorile minime de 15 grade și 30kPa; cererea era însă tardivă pentru că în acel moment digul era executat, iar alunecarea digului nordic era produsă;

-în masa alunecată este o cantitate mare de concrețiuni calcaroase (trovanți), cu dimensiuni de până la 50cm, ceea ce pune semne de întrebare asupra grosimii straturilor elementare puse în

operă și asupra corectitudinii compactării acestor straturi; prin caietul de sarcini se cere ca trovanții cu dimensiuni mai mari de 20cm să fie îndepărtați, iar procentul celor cu dimensiuni sub 20cm să fie sub 10%;

-în corpul digului există pământ argilos negru care este impropriu pentru execuția terasamentelor;
-taluzurile digului nu sunt la înclinarea și dimensiunile din proiect; ele au fost lăsate așa cum au rezultat din activitatea de rambleere, fără a se face o finisare a lor prin care să fie aduse la înclinarea și dimensiunile proiectate;

-mai grav este că taluzurile ne-fiind finisate, nu au fost acoperite cu sol vegetal și nu au fost înierbate; fiind lăsate așa cum au rezultat din activitatea de rambleere, ele au fost degradate de apa din precipitații; pe taluzuri sunt nenumărate ravene, unele de până la 1m adâncime;

Forajele făcute în corpul digului confirmă existența locală a argilei negre, dar nu au identificat trovanți. Rezultatele determinărilor pe probele recoltate din foraje indică o compactare sub nivelul cerut de caietul de sarcini, dar și o neuniformitate a compactării atât pe foraj cât și între foraje. Așa cum am prezentat și mai sus, valorile medii ale gradului de compactare din foraje sunt cuprinse între 0,901 și 0,958. Dacă ne referim la valorile obținute pe fiecare probă, ele sunt între 0,850 și 1,024. Variațiile mari ale gradului de compactare au ca rezultat o raspândire accentuată a valorilor parametrilor rezistenței la forfecare, aspect confirmat de rezultatele încercărilor de forfecare făcute pe probele recoltate din foraje.

Referitor la calculele de stabilitate, acestea se fac cu programme performante. Rezultatele lor depind în primul rând de valorile parametrilor de forfecare introduse în programe. Așa cum am mai spus, aceste valori se stabilesc prin prelucrarea statistică a valorilor determinate în laborator și sunt X_{ksup} , X_{kinf} și X_{kloc} , urmând ca proiectantul să folosească valoarea cea mai nefavorabilă pentru atingerea stării limită a structurii geotehnice. Prin X s-a notat un parametru oarecare. Pentru stabilitatea taluzurilor și versanților, parametri hotărâtori sunt unghiul frecării interne și coeziunea cu valorile lor minime. Pentru o anumită parte a unei lucrări geotehnice unde s-au determinat valorile cele mai mici ale parametrilor geotehnici, proiectantul poate folosi în calcule valorile locale care sunt o estimare prudentă a acestor valori mici.

Prin prelucrarea statistică a valorilor ϕ și c ale umpluturii din dig determinate în studiul geotehnic elaborat de SC GEO SEARCH SRL, s-au obținut următoarele valori caracteristice:

$$\Phi_{ksup} = 9,6\text{grade}; \Phi_{kinf} = 4,7\text{grade}; \Phi_{kloc} = < 0;$$

$$c_{ksup} = 119,4\text{kPa}; c_{kinf} = 83,5\text{kPa}; c_{kloc} = 32,8\text{kPa};$$

În prezenta expertiză s-au făcut calcule pe profilul transversal proiectat de la km 1+160 al digului nordic alunecat. Acest profil a fost ales pentru că aici digul are înălțimea mai mare și pentru a găsi răspuns la întrebarea: care sunt cauzele alunecării? Calculele s-au făcut în ipoteza celulei goală și fără seism (condițiile din momentul alunecării). Folosind valorile caracteristice inferioare ale unghiului de frecare internă și ale coeziunii date mai sus atât pentru materialul din dig cât și pentru terenul natural de sub dig și coeficienții parțiali din gruparea A2+M2+R1, s-au obținut valori supraunitare pentru coeficientul de siguranță la alunecare atât pentru taluzul exterior cât și pentru cel interior. Prin urmare, teoretic, digul nu trebuia să alunece. Folosind însă valorile caracteristice locale, coeficientul de siguranță este mult sub 1, deci taluzul este instabil.

Faptul că digul a alunecat, conduce la ideea că valorile reale ale parametrilor ϕ și c de la umplutura din acea zonă au fost în momentul alunecării mai mici decât valorile caracteristice inferioare stabilite pe baza determinărilor de laborator. Ele pot fi mai mici ca urmare a acțiunii

unor factori locali. Într-adevăr, așa cum am precizat și mai sus, la baza digului alunecat, în celulă s-a acumulat și a staționat apa ca urmare a executării drumului de acces în celulă care a constituit un fel de baraj în calea apei, și (sau) ca urmare a colmatării drenului. Drumul de acces a fost realizat în august 2013, iar alunecarea s-a produs în octombrie 2013. Dacă în această perioadă la baza digului a stagnat apa, ea s-a infiltrat pe sub dig, a ajuns la suprafața dintre umplutură și terenul natural care are o înclinare de peste 8 grade în această zonă, a curs pe această suprafață, a alterat pământul argilos natural și alunecarea s-a produs. Același fenomen s-a produs și la digul estic care deși nu a alunecat, a suferit deformații importante confirmate de faptul că toate căminele de pe taluzul exterior al digului sunt deformate și chiar deplasate, iar în dig sunt crăpături.

Infiltrarea apei prin dig este confirmată de umiditățile materialului din dig stabilite în laborator pe probele recoltate din foraje. Se vede că în forajele F3 (dig estic deformat) și F4 (dig nordic alunecat) probele recoltate de la 9,50m respectiv 8,00m (aproximativ fundul celulei) au umiditatea de 28,64% respectiv de 30,55%, în timp ce la celelalte adâncimi umiditatea este de (20-24)%. Pământul din dig este foarte umed spre saturat la aceste adâncimi.

Având în vedere că suprafața terenului pe care s-a depus umplutura are în această zonă o înclinare transversală digului destul de importantă (cca 8,3 grade), aceasta putea să favorizeze alunecarea. Totdeauna o suprafață înclinată dintre o umplutură și terenul natural constituie o suprafață de alunecare preexistentă care dacă este umezită, foarte ușor se poate transforma într-o suprafață activă de alunecare. Pe o astfel de suprafață coeziunea este considerată de obicei zero. Refăcând calculele cu ϕ_{min} de la umplutură și $c = 0$ pe această suprafață preexistentă, rezultă un coeficient de siguranță de 0,52, deci alunecare sigură. Prin urmare, suprafața înclinată de sub umplutură și infiltrațiile de apă din celulă pot explica producerea alunecării.

Pentru digul nordic neafectat de alunecări, s-au făcut calcule de stabilitate pe profilul transversal de la km 1+060 unde înălțimea digului este mai mare (cu celula goală). Folosind valorile caracteristice inferioare, coeficienții de siguranță la alunecare sunt supraunitari. Folosind însă valoarea caracteristică locală a coeziunii pentru umplutura din dig, taluzul exterior al digului este instabil (coeficient de siguranță subunitar). În calcule s-au considerat și încărcarea din trafic pe dig și acțiunea seismică.

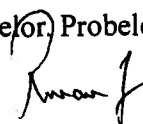
Pentru digul sudic la baza căruia executantul a făcut excavații neautorizate, s-a ales profilul de la km 0+360 care are înălțimea mai mare (20,00m inclusiv grosimea excavată de 3,50m). Calculele de stabilitate au condus la valori supraunitare ale coeficientului de siguranță când s-au folosit valorile caracteristice inferioare ale umpluturii (taluz stabil) și la valori subunitare (taluz instabil) dacă s-a folosit valoarea caracteristică locală a coeziunii (cu celulă goală). Dacă excavația nu era făcută taluzul exterior avea înălțimea de numai 16,5m, coeficientul de siguranță era mai mare, iar soluția de consolidare era mai simplă.

III. Concluzii

Investigațiile făcute în cadrul acestei expertize permit formularea următoarelor observații și concluzii:

III.1 Proiectare

O primă observație care poate fi făcută este referitoare la studiul geotehnic care a stat la baza proiectării. El dă informații utile despre amplasament, dar nu suficiente pentru proiectarea zonei de depozitare și a celei administrative. Numărul forajelor este mic în raport cu suprafața celor două zone, iar adâncimea acestora nu cuprinde toată zona activă de teren de sub ramblee. Există zone în care adâncimea excavată este mai mare decât adâncimea forajelor. Probele analizate



în laborator pentru stabilirea rezistenței la forfecare a pământului sunt prea puține și nu au fost recoltate din toate straturile interceptate în foraje.

Proiectantul a folosit în calculele de stabilitate ale digului valori ale parametrilor rezistenței la forfecare dați de studiul geotehnic, dar care nu au susținere prin analize de laborator sau in situ.

Proiectul elaborat de consorțiul format din KOCKS Ingenieure, ENVIROPLAN Consultants & Engineers, EPEM SA Environmental Planning Engineering and Management și SC ROMAIR CONSULTING LTD cuprinde fazele Documentație de Atribuire și Proiect Tehnic + Caiet de Sarcini. Execuția a început pe baza acestui proiect care, așa cum se vede nu cuprinde și faza Detalii de execuție. Nu cunosc clauzele contractuale dintre Beneficiar și părțile implicate, așa încât nu îmi este clar cui i-a revenit obligația de a proiecta și detaliile de execuție. Execuția unei lucrări fie ea chiar și o lucrare de terasamente, nu se poate face numai pe planuri de situație și pe profile de ansamblu. Sunt necesare și detaliile de execuție. Din acest punct de vedere, proiectul pentru lucrările de terasamente este deficitar.

Caietele de sarcini nu sunt particularizate suficient pentru fiecare tip de lucrare. Ele au un caracter prea general. Ele par a fi traduse dintr-o limbă străină de către persoane nefamiliarizate cu termenii tehnici specifici, ceea ce a condus la neînțelegeri și confuzii. Din cauza unor astfel de neînțelegeri și confuzii dar și a lipsei detaliilor, s-au consumat sute de pagini de corespondență între părțile implicate și timp pierdut pentru a lămurii alcătuirea sistemului de drenare și a celui de etanșare a celulei, și natura materialelor din aceste sisteme.

După ce Proiectantul a fost de acord cu schimbarea materialului pentru construcția terasamentelor, el nu a făcut referiri clare și lipsite de ambiguitate privind calitatea materialului rezultat din excavații ca material pentru rambleu. Răspunsul său la întrebarea unui ofertant dacă pământul din amplasament este corespunzător pentru umpluturi compactate a fost următorul: **Depozitele deluviale formate din argile, argile nisipoase și nisipuri, cu fragmente mici de gresie, situate în partea de sus a amplasamentului pot fi folosite ca material de umplură. Menționăm că aceste depozite conțin în aceleași locuri, în funcție de cartografierea făcută pe amplasament, fragmente decimetrice de rocă, care trebuie scoase din materialul deluvial înainte de utilizare.** Se vede că nu se face nici o referire la culoarea pământului sau la alți parametri. Ori, în depozitul deluvial au fost și argile negre care pot fi expansive și pot conține substanțe organice și care apar acum în dig sau pe care s-a depus umplutura digului. Proiectantul nu a cerut investigații geotehnice suplimentare care să-i permită clasificarea pământului din acest punct de vedere, conform actelor normative (STAS 1243-88).

În plus, având în vedere că pământul din diguri este unul remaniat, Proiectantul trebuia să indice alături de valorile minime ale gradului de compactare și valorile minime ale parametrilor rezistenței la forfecare a umpluturii pentru care taluzurile digului sunt stabile. L-ar fi obligat astfel pe Antreprenor să verifice umplutura și din acest punct de vedere.

Proiectantul nu a fost suficient de receptiv la observațiile făcute pe parcursul execuției de către celelalte părți implicate și nici la recomandările făcute de expertizele întocmite anterior, motivând că nu are încheiat cu beneficiarul contract de asistență tehnică din partea proiectantului pe parcursul execuției. Practic, până la sfârșitul lunii noiembrie 2012 când s-a semnat acest contract, execuția lucrărilor s-a făcut fără asistența Proiectantului și fără ca proiectul să fie

verificat de un verificator de proiecte atestat pentru cerința Af.

III.2 Execuție și urmărire

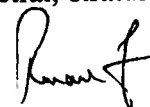
Execuția rambleului la digul perimetral și la platforma administrativă a început cu decaparea solului vegetal, după care s-a adus pământ excavat în zona tehnică și în celulă și a fost depus pe aliniamentul digului. În acest moment, cota coronamentului digului este cu până la (2-3)m sub cota proiectată, dar izolat această diferență atinge chiar 7m (vezi planșele nr. 3-4). Având în vedere că proiectul prevede trepte de înfrățire numai la pante mai mari de 20% ale terenului, probabil că aceste trepte nu s-au executat. Procese verbale de recepție calitativă în acest sens nu sunt. Nu sunt nici procese verbale care să ateste grosimea straturilor elementare puse în operă sau calitatea compactării. Există doar rapoarte de verificare a gradului de compactare eliberate de către Laboratorul Facultății de Construcții din Cluj-Napoca pentru lucrările executate de SC CONFORT SA și de Laboratorul SC NAPOCA CONSTRUCȚII SA pentru partea de lucrări executate de această societate. Digul perimetral este aproape de cota finală, dar săpătura în celulă nu este executată la cotă. Din acest punct de vedere, s-a lucrat cumva atehnic în sensul că nu este rațional să se execute o umplutură și apoi să se excaveze la baza acesteia, lucru care s-a făcut parțial și urmează a se face pentru atingerea cotei finale a săpăturii în celulă. Era mult mai rațional să se excaveze celula până la cota finală, să se facă umplutura pentru sistemul drenant, și numai după aceea să se execute umplutura pentru dig. În această ordine, înălțimile de calcul ale taluzului interior erau mai mici cu 2,50m.

Un alt aspect legat de execuția rambleului este faptul că practic, straturile elementare ale rambleului nu pot fi compactate la margini pe lățimi de cca (30-40)cm întrucât pământul are tendința de a refuza lateral (spre exteriorul taluzului) de sub cilindrul compactor. De aceea, pentru a avea aceeași compactare în tot corpul rambleului, acesta se execută mai lat, iar în final, prin operația de finisare a taluzelor, surplusul de material necompactat se îndepărtează. Din măsurătorile făcute (vezi profile transversale), rezultă că sunt zone ale digului în care linia taluzului executat este sub linia proiectată și prin urmare pe taluz trebuie pus pământ și nu îndepărtat. Evident, pe un taluz nu se poate adăuga un strat de pământ fără trepte de înfrățire, ceea ce implică demolarea parțială a digului. Alunecările de suprafață care s-au produs pe taluzul interior al digului pot fi explicate și prin existența acestui strat de pământ relativ subțire de la suprafața taluzului, rămas necompactat, dar și prin executarea taluzului la pante mai mari decât cele din proiect. Evident că în zona alunecată nu se știe ce pantă a avut taluzul, dar în zonele neafectate, măsurătorile au pus în evidență și pante mai mari decât cele din proiect (vezi profile transversale).

Din cauză că taluzurile digului perimetral nu au fost protejate, ele sunt ravenate pe adâncimi de până la 50cm de către apa din precipitații care s-a scurs pe dig și pe taluzuri. Aceste ravene dau acum complicații în operația de finisare a taluzurilor. Dacă se îndepărtează stratul superficial pe toată adâncimea ravenelor (ceea ce este obligatoriu), liniile taluzurilor se vor îndepărta și mai mult de linia proiectată.

Rezultatele determinărilor de laborator făcute pe probe recoltate din cele cinci foraje executate în digul perimetral au dat valori ale gradului de compactare a umpluturii sub valorile minime prevăzute de caietul de sarcini.

Executantul nu a ținut seama că la o anumită cotă a digului perimetral, stratul drenant al



apei subterane din celulă este ancorat în corpul digului. El a înălțat digul fără să facă această ancorare.

Lucrările executate la sistemul drenant al subcelulelor 1 și 2 nu respectă proiectul. Cota și profilul săpăturii subcelulelor nu sunt cele din proiect și prin urmare, nici grosimea stratului drenant nu este cea din proiect.

Calitatea materialului folosit la stratul drenant nu respectă parametri dați în caietul de sarcini nici din punct de vedere granulometric și nici din cel al permeabilității. Executantul nu a făcut teste suficiente în acest sens.

Activitatea de urmărire a execuției de către Proiectant și Inginer a fost deficitară. Proiectantul a răspuns foarte greu solicitărilor celorlalte părți, iar Inginerul nu s-a implicat suficient în activitatea de verificare a calității materialelor puse în operă și a execuției.

Inginerul nu a instituit un sistem de management al riscului, pe care să-l transmită Beneficiarului, Proiectantului și Antreprenorului, sistem care și-ar fi dovedit eficiența în toate fazele de realizare a lucrării.

III.3 Stabilitatea digului perimetral

Calculule de stabilitate făcute asupra digului perimetral proiectat folosind valorile caracteristice inferioare ale unghiului de frecare internă și ale coeziunii obținute prin prelucrarea statistică atât pentru umplutura digului cât și pentru terenul natural, dau coeficienți de siguranță la alunecare supraunitari, ceea ce înseamnă că taluzul nu trebuia să alunece. Faptul că taluzul a alunecat, înseamnă că în zona alunecată, valorile efective ale parametrilor rezistenței la forfecare a pământului au fost inferioare celor folosite în calcule, sau că geometria digului nu era cea din proiect. Valorile parametrilor de forfecare puteau fi diferiți dacă s-a folosit alt pământ (coloana litologică a forajului F4 nu confirmă), dacă s-a compactat mai slab (gradul de compactare din F4 nu confirmă), sau dacă după execuție au apărut factori perturbatori. Acest din urmă aspect este posibil întrucât la investigațiile făcute pe șantier, în celulă, la baza digului din acea zonă băltea apa (planșa nr. 2 și releveu foto). Această apă s-a infiltrat în dig. Proba recoltată de la adâncimea fundului celei confirmă acest lucru, prin umiditatea naturală mult mai mare decât la celelalte probe. Evident aceste investigații s-au derulat într-o altă perioadă de timp decât cea în care a alunecat digul dar extrapolând, se poate ajunge la acest raționament. În plus, suprafața terenului pe care s-a depus umplutura are în această zonă o înclinare transversală digului destul de importantă (cca 8,3 grade) care a favorizat alunecarea. Totdeauna o suprafață înclinată dintre o umplutură și terenul natural constituie o suprafață de alunecare preexistentă care dacă este umezită, foarte ușor se poate transforma într-o suprafață activă de alunecare. Pe o astfel de suprafață coeziunea este de obicei zero. Refăcând calculele cu ϕ_{kinf} și $c = 0$ pe suprafața preexistentă, rezultă un coeficient de siguranță de 0,52 pe această suprafață, deci alunecare sigură. Din observațiile făcute pe teren, se pare că este într-adevăr o alunecare pe terenul natural de sub umplutură. Calculule făcute considerând valorile caracteristice locale stabilite prin prelucrarea statistică, dau coeficienți de siguranță de asemenea subunitari, adică alunecare. La toate acestea se adaugă și geometria executată a digului. În nota de constatare a prof. Popa Augustin se vorbește de o pantă a taluzului nordic de până la 60 de grade. Măsurătorile noastre nu dau asemenea pante în zonele nealunecate, iar pantele anterioare alunecării nu pot fi stabilite acum. Având în vedere că masa de pământ alunecată a ajuns la peste 20m de piciorul taluzului, este posibil ca taluzul să fi avut o înclinare

mare. O energie de pantă mare ar putea explica deplasarea masei pe o asemenea distanță.

Digul estic deși nu a alunecat, este deformat și prezintă crăpături. El este în aceeași situație cu digul alunecat; are cam aceeași înălțime (chiar mai mare), iar la baza lui în celulă, a staționat apă. Umiditatea umpluturii din dig de la adâncimea fundului celulei este mult peste umiditățile de la celelalte adâncimi (foraj F3). Căminele de vizitare de pe taluzul estic al digului sunt deformată și unele forfecate, ceea ce confirmă deformațiile mari ale digului. Fac mențiunea că în cazul unor deformații mari ale unui masiv de pământ, parametri rezistenței la forfecare se reduc mult spre așa numitele valori reziduale, ceea ce evident poate antrena instabilitate.

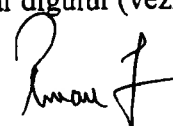
Pentru digurile neafectate de alunecări (inclusiv pentru cel sudic la baza căruia s-au făcut excavații neautorizate), calculele cu valorile caracteristice locale ale coeziunii pentru umplutura din diguri conduc la coeficienți de siguranță subunitari, deci pericol de alunecare.

Referitor la observația beneficiarului conform căreia Antreprenorul a făcut lucrări de reprofilare la taluzul exterior al digului estic care au dus la creșterea pantei taluzului dintre terenul natural și berma orizontală în sectoarele km 1+180 – km 1+200 și km 0+000 – km 0+020, explicația Inginerului este următoarea: în aceste zone era depozitat pământ care a fost luat ulterior și dus în altă parte; panta taluzului exterior este cea din proiect. Măsurătorile noastre confirmă o pantă mai mare decât cea proiectată (1:1,3 în loc de 1:1,5) doar pe o lungime limitată din profilul de la km 1+200.

IV. Măsuri propuse

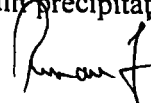
Având în vedere:

- calitatea nesatisfăcătoare (rea pentru terasamente conform STAS 1243-88) a pământului din digul perimetral ca material de umplură;
- calitatea nesatisfăcătoare a execuției digului;
- rezultatele calculelor de stabilitate din expertiza 41/2012 și din prezenta expertiză care indică și valori subunitare sau la limită ale coeficientului de siguranță la alunecare în diferite ipoteze;
- cotele proiectate și executate ale săpăturii din celulă (subcelulele 1 și 2) și profilul proiectat și executat al fundului celulei;
- natura și calitatea materialului pus în operă pentru drenarea apelor subterane de sub celulă în raport cu cerințele caietului de sarcini;
- degradarea prin alunecare a taluzului nordic și deformațiile mari ale taluzului estic;
- riscul acumulării apei subterane în drenul de sub celulă cu consecințe grave asupra stabilității digului așa cum s-a și întâmplat;
- faptul că digul nu este executat până la cota din proiect; pentru a atinge cota proiectată, mai sunt necesare umpluturi de până la 3m grosime (local până la 7m);
- existența unor crăpături longitudinale în zona crestei taluzului exterior al digului (vezi planșa nr. 2) atât la digul sudic cât și la digul nordic,



consider că sunt necesare următoarele măsuri:

1. Recuperarea geotextilului de pe fundul celulei și îndepărtarea stratului drenant.
2. Executarea săpăturii în celulă conform proiectului.
3. Demolarea sectorului de dig nordic afectat de alunecare, până la terenul natural.
4. Demolarea parțială a digului estic pentru a putea fi înlocuite în siguranță căminele de vizitare/racordare deformate.
5. Executarea în digul estic în zona necomună cu platforma administrativă a unei tranșei până la cota săpăturii din celulă, în care se va executa un dren în continuarea drenului celulei; acest dren va evita ca apa care nu ajunge în tuburile perforate ale drenului celulei să se acumuleze în celulă și să înmoaie pământul de la baza digului. În exteriorul digului, drenul va fi executat până la pârâul Zăpodia. Tranșeea de deasupra drenului din dig va fi umplută cu material de umplutură, pe straturi elementare compactate așa cum prevede proiectul. Între umplutura din dig și umplutura nouă din tranșee se vor executa trepte de înfrățire. Recomand o lățime cât mai mare a tranșeei (un dren cât mai larg).
6. În zona alunecată a digului nordic, după demolare se va executa un al doilea dren între drenul celulei și pârâul Zăpodia, în partea cea mai de jos a zonei demolate.
7. Executarea drenului celulei conform proiectului, renunțând la ancorarea drenului în dig. Dacă proiectantul nu renunță la ancorarea drenului în dig pe 5,30m lungime așa cum prevede ultimul detaliu, el trebuie să dea soluția tehnică pentru executarea acestei ancorări. Eu consider că această ancorare nu se mai poate face decât dacă se demolează digul.
8. Reconstruirea zonei demolate a digului nordic pe baza unui nou proiect tehnic cu detalii de execuție. Proiectul va prevedea trepte de înfrățire atât cu terenul natural cât și cu digurile de la cele două capete ale sectorului demolat.
9. Executarea stratului de argilă de 1m grosime a sistemului de drenare al celulei. Având în vedere că acest strat are rolul de a ține nivelul apei subterane la cel puțin 1m de baza sistemului de etanșare a celulei, consider că argila din acest strat trebuie să fie impermeabilă. Odată cu executarea acestui strat se vor prevedea și lucrări auxiliare prin care să poată fi evacuată apa de ploaie din celulă.
10. Completarea digului cu pământ sau îndepărtarea pământului de pe dig astfel încât între cota coronamentului digului și cota proiectată să rămână a diferență de cca 3,5m.
11. Finisarea taluzului interior al digului și pregătirea lui pentru executarea sistemului de etanșare a celulei. De remarcat că în acest moment digul are o înălțime mai mică decât cea proiectată cu 3,5m. Prin urmare, panta taluzului interior va fi mai mică decât cea din proiect. La o înălțime proiectată a digului de 10m, înclinarea taluzului de 26,6 grade (panta 1:2) se reduce la 19.3 grade. Această reducere a pantei va fi în beneficiul stabilității taluzului, iar execuția stratului de etanșare din argilă bentonitică se va face mai ușor pe o pantă mai mică. Trebuie evitată cu orice preț alunecarea taluzului interior după așternerea stratului etanș. În plus, așa cum am spus mai sus, pământul de la suprafața taluzului este necompactat pe o grosime de cca 30cm și este și ravenat de apa din precipitații. El trebuie



îndepărtat la finisare. Sunt apoi zone în care linia taluzului este sub linia proiectată și prin urmare stratul de pământ necompactat și ravenat nu poate fi îndepărtat. Micșorându-se înclinarea taluzului, linia acestuia coboară și apare pământ în exces care va fi îndepărtat, rămânând în final o suprafață continuă din pământ compactat. La fel se va proceda și la taluzul exterior al digului.

12. Ca o consolidare a taluzului exterior al digului, acolo unde grosimea umpluturii este de peste 5,50m de la baza taluzului, se va executa o extindere a bazei digului conform soluțiilor date în planșele nr. 53 și 54. Calculele de stabilitate pe aceste profile au dat coeficienți de siguranță la alunecare supraunitari, atât cu celula goală cât și cu celula plină.
13. Se execută ultimii 3,5m din dig, din pământ armat cu geogriile. Acest pământ armat va fi ca o fundație pentru sistemul rutier și va realiza o repartizare mai bună a încărcării din trafic, contribuind la reducerea și uniformizarea tasărilor digului a cărui umplutură este insuficient și neuniform compactată. În plus, din punct de vedere al calculului de stabilitate, taluzurile vor avea o înălțime mai mică cu 3,5m. Acest strat de 3,5m grosime nu va împinge lateral; el va acționa doar ca o greutate pe dig. Taluzurile părții de pământ armat pot avea o înclinare de 1:1. Evident în această propunere, argila de etanșare trebuie înlocuită cu alt material pentru taluzul interior din pământ armat. Din cauza înclinării mari a acestuia, argila bentonitică nu va putea fi executată.
14. Se va finisa taluzul exterior al digului, se va acoperi cu pământ vegetal, se va înierba și se va proteja cu saltele antierozionale. Aceste activități vor fi făcute pe sectoare de o anumită lungime, astfel încât între activități să nu fie stațiu de timp mare în care apa din precipitații poate degrada suprafețele deja pregătite.

Punerea în operă a acestor măsuri se va face pe bază de proiect tehnic cu detalii de execuție, avizat și de către expert.

V. Considerații finale

Concluziile pentru fiecare dintre cele 3 obiective ale expertizei tehnice în specialitatea Inginerie Geotehnică stabilite de Beneficiar au fost prezentate în capitolul III al expertizei.

Este acum locul unor considerații finale.

Componenta proiectului CMID Cluj cu cel mai mare risc o reprezintă Celula de depozitare. Terasamentele aferente au comportat săpături și umpluturi care au condus la o structură geotehnică de tip dig perimetral din pământ de cca 1,2km lungime și 16m înălțime, executată pe un teren înclinat.

Sunt îndeobște cunoscute sursele de risc asociate cu realizarea unor construcții de mari proporții din pământ, totuși este oportună reamintirea celor mai importante dintre ele:

- utilizarea ca material de construcție a unui pământ de calitate necorespunzătoare sau îndoielnică;
- înclinarea terenului și potențialul de alunecare a acestuia;
- prezența apei subterane și gestionarea proastă a apelor de suprafață;



- detalii de execuție insuficiente;
- o execuție defectuoasă a lucrărilor;
- o supraveghere insuficientă a execuției lucrărilor;
- utilizarea în modelul de calcul a unor parametri ai rezistenței la forfecare a pământului care nu au la bază determinări de laborator sau in situ;
- un volum și o complexitate a investigării terenului în neconcordanță cu structura geologică a amplasamentului și cu amploarea lucrării;

Comparând sursele de risc mai sus enumerate cu principalii factori care au contribuit la alunecarea parțială a digului, identificați în capitolul II al prezentei expertize, se constată ca ele se regăsesc practic în totalitate. **Rezultă că Proiectantul, Antreprenorul și Inginerul au tratat digul perimetral ca o lucrare de terasamente obișnuită.**

În cele ce urmează se vor evidenția principalele consecințe care au decurs dintr-o asemenea abordare.

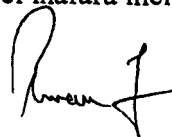
PROIECTANTUL

- calculul inițial de stabilitate a digului au fost făcute în ipoteza că digul se va executa din material necoeziv (pietriș cu nisip și bolovăniș cu $\phi = 35$ grade și $c = 5$ kPa); ulterior Proiectantul a admis înlocuirea materialului de construcție a digului, fără a relua analiza de stabilitate; această analiză a fost reluată abia după executarea digului, iar parametri rezistenței la forfecare au fost aleși astfel încât să rezulte stabilitate;
- materialul folosit la executarea digului este de calitate îndoielnică; acceptarea lui pentru execuție s-a făcut fără a fi încadrat în clasele de calitate prevăzute de reglementările în vigoare;
- proiectul este sărac în detalii de execuție;
- a lipsit asistența proiectantului pe parcursul execuției;

ANTREPRENORUL

- nu a respectat proiectul celulei;
- nu a asigurat funcționarea drenului celulei care, chiar dacă nu a fost executat conform proiectului, dacă era decolmatat la timp poate să fi evitat alunecarea digului nordic și deformațiile exagerate ale digului estic;
- nu a realizat o compactare uniformă a umpluturii și nici gradul de compactare cerut de caietul de sarcini;
- nu a realizat întreținerea curentă necesară a lucrărilor executate, în perioadele de întrerupere;
- nu a executat lucrări de captare a apei din precipitații și de dirijare a ei înafara incintei;

INGINERUL



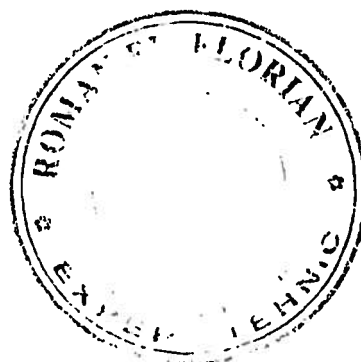
- a acceptat la execuție piese desenate fără a fi verificate de verificatori atestați MLPAT;
- împreună cu **ANTREPRENORUL** poartă răspunderea pentru nerespectarea proiectului;
- nu s-a implicat suficient în verificarea materialelor puse în operă și a execuției;
- nu a instituit un sistem de management al riscului, pe care să-l transmită Beneficiarului, Proiectantului și Antreprenorului, sistem care și-ar fi dovedit eficiența în toate fazele de realizare a lucrării.

Cluj-Napoca, august 2014

SC ARCON SERV SRL

Prof.dr.ing. Florian ROMAN

Expert tehnic A₁ în construcții



A handwritten signature in black ink, appearing to read "Florian Roman".