

Karmen FIFER BIZJAK
dr., univ.dipl.inž.geol., Zavod za gradbeništvo Slovenije

Mihael RIBIČIČ
Doc.dr., univ.dipl.inž.geol., Univerza v Ljubljani, Fakulteta za naravoslovje in tehnologijo, oddelek za
geologijo

GEOTEHNIČNE RAZISKAVE ZA PLAZ SLANO BLATO

POVZETEK: Za plaz Slano Blato so bile v letu 2003 in 2004 izveden raziskave, ki so vključevale geofizikalne meritve, strukturno vrtnanje, laboratorijske in terenske preiskave ter kartiranje terena. Ožje območje plazu gradijo flišne plasti. Na osnovi preiskav lahko do danes zaključimo, da je dotok vode v plazino eden poglavitnih vzrokov za sprožitev plazenja ob neugodnih geoloških in geomorfoloških razmerah.

Najpomembnejši podzemni pretok, predvsem v zgornjem delu plazu Slano Blato, je vezan na material z apnenčevim gruščem. Sklepamo, da se del vode, ki napaja plazino, obnavlja z infiltracijo padavin v zaledju plazu, nad plazom in iz bokov plazu in se počasi preceja skozi srednje do slabo prepustne plasti v plazino. Material s srednjo prepustnostjo se pojavlja tudi v globinah večjih od 20 m in je vezan na posamezne vmesne razpokane plasti laporovca ali peščenjaka. Iz tega sledi, da lahko pomembni dotoki izhajajo tudi iz hribinske osnove v podlagi plazine.

V plazu se oblikujeta dve drsni ploskvi. Prva na stiku med gruščem in flišnimi plastmi na globini od 3 do 8 m. Druga drsna ploskev se oblikuje v plasteh pretrtega laporja, z veliko manjšimi deformacijami, vendar ocenjujemo, da je globina drsenja na nekaterih mestih lahko tudi večja od 10 m.

Izračun volumnov aktivirane plazine je pokazal, da se je stanje od novembra leta 2002 pa do danes na zgornjem delu plazu Slano Blato močno poslabšalo. Od zgornjega dela plazu pa do območja "Blatnega jezera" je v plazenju okoli 480.000 m³ plazine.

Za preprečitev nadaljnjega širjenja plazenja plazu bi bila potrebna izvedba učinkovitega globinskega odvodnjevanja na območju Slanega blata in globoko površinsko dreniranje vzdolž celotne struge Grajščka na plazu.

GEOTECHNICAL RESEARCH WORK FOR THE LANDSLIDE SLANO BLATO

SUMMARY: For the landslide Slano Blato Geotechnical site in laboratory investigations were achieved. The landslide is located on the flysch layers. Bases on the investigation it is concluded that water flow into the landslide is one of the main reasons for the landslide movements in the bad geological and geomorphological condition.

The water inflow in the upper part of the landslide is connected with the gravel material. It is assumed that the part of water is restoring with the infiltration of precipitation in the hinterland of the landslide and from the landslide sides. That water slowly filter through the middle or bad permeable layers into the landslide. Material with middle permeability lie even in the depth lowers then 20 m and is connected with fissured layers of sandstone and marl. According to these results significant water inflow could come from the underground too.

In the landslide two sliding planes were formed. The first one on the contact between gravel and flysch layers in the depth between 3 and 8 m. Another one is in the layers of fissured marl in the depth of 10 m or more. The deeper landslide moves much more slowly then the shallow one. A calculation of the activating landslide volume showed worse condition of the landslide then in November 2002. From the upper part of the landslide to the Blatno jezero, 480.000 m³ materials are in movement.

To prevent a landslide movement, an effective drainage system in the upper part of the landslide in the region of Slano Blato is needed. At the same time the drainage system alongside stream channel Grajšček has to be done.

UVOD

Plaz Slano Blato leži v bližini Ajdovščine, točneje nad vasjo Lokavec. Zgornji del plazu leži pod Malo goro (1032m), na nadmorski višini približno 640 m. V dolžini 1300 m in širini med 70 in 250 m seže skoraj do vasi Lokavec.

Namen raziskav je bil, da se ugotovi volumen nestabilnih in potencialnih plazečih mas ter podatke o globini in mehanizmu drsenja plazu. Na plazu Slano Blato so bile jeseni 2001 izvedene predhodne geološko-geomehanske raziskave [1]. Raziskave v letu 2003 in 2004 tako pomenijo nadaljevanja predhodnih.



Slika 1. Plaz Slano Blato dne 9.4.04



Slika 1. Zgornji del plazu Slano Blato dne 9.4.04

Zgodovina plazu Slano Blato sega že v leto 1887. V tem letu je hitro tekoči tok dosegel celo del državne ceste, kar je bilo povod za obsežna sanacijska dela. Sanacija plazu je trajala celih 16 let.

V letu 2000 je prišlo do plazenja na območju Slanega blata, verjetno med 18. in 19.11.2000. V obdobjih večjih padavin so se v splazelo maso vključevale vedno nove mase iz zgornjega dela plazu in bokov ter se zaradi povečane vsebnosti vode premikale kot blatni tok. V začetku januarja 2003 pa se je v zgornjem delu plaz ponovno premaknil.

V času naših raziskav je bil plaz v sušnem obdobju stabilen. Večji premiki so bili ugotovljeni po obsežnejših padavinah, predvsem med 15. in 16.11.2003. V tem času sta postali vrtini, izvrtani v območju Slanega blata, neprehodni za inklinacijske meritve.

Drugi večji premik se je izvršil med 5. in 7.12.2003. Območje Blatnega jezera je postalo nestabilno zaradi prevelike količine splazele mase.

V letu 2003 in 2004 so bile opravljene raziskave, ki so zajemale strukturno vrtanje, geofizikalne meritve, hidrogeološke meritve, geomehanske preiskave in izdelavo stabilnostnih analiz.

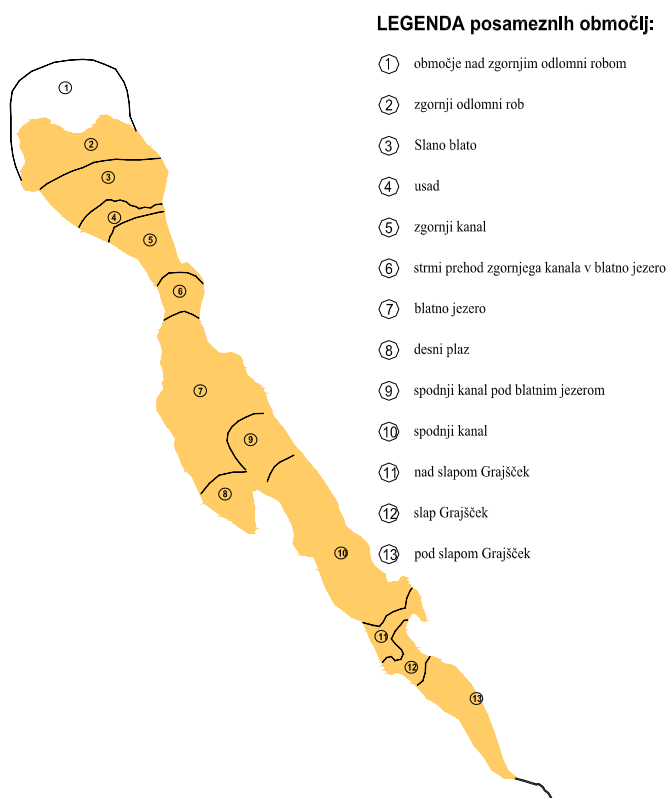
GEOLOŠKE RAZMERE

Širše območje plazu gradi triasni apnenec in dolomit, eocenske flišne plasti ter kvartarni pobočni grušč. Območje plazu leži na meji med trnovskim pokrovom triasnih karbonatnih plasti in flišnimi plastmi Goriško vipavskega sinklinorija.

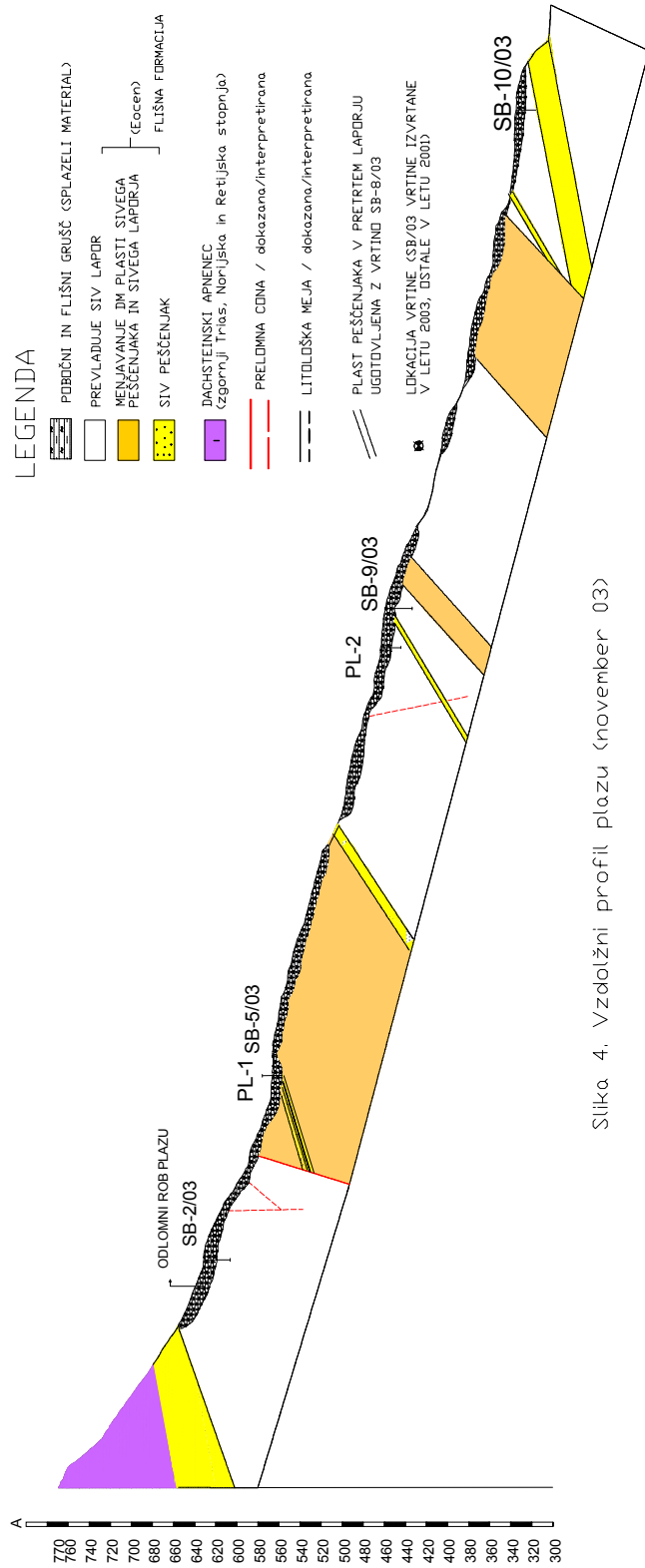
Zaradi natančnejšega razumevanja je poimenovanje posameznih delov plazu podano na sliki št.3 [2].

V ožjem območju plazu plasti triasnega apnenca ležijo nad zgornjim robom nad nadmorsko višino 670 m (slika št.4). Triasne plasti so narinjene na debelejšo plast peščenjaka, ki pripada flišnim plastem. Flišne plasti ležijo od kote 670 m pa vse do dna doline. Prevladuje lapor z tanjšimi ali debelejšimi plastmi peščenjaka, mestoma pa se pojavijo tudi samostojnejše več metrov debele plasti peščenjaka. Generalno vpadajo plasti v pobočje pod kotom do 30°. Hribina je močno tektonizirana ravno zaradi bližine narivne cone. V območju plazu je ugotovljenih več prelomov dinarske smeri. Glavnina plazu se zaključuje ob slapu Grajšček, ki ga gradi več 10 m debela plast peščenjaka in konglomerata.

OBMOČJA NA PLAZU SLANO BLATO



Slika 3. M. Ribičič, Končna sanacija plazu Slano Blatonad Lokavcem pri Ajdovščini, Gradbenik, št. 6, 2002



Slika 4. Vzdolžni profil plazu (november 03)

Meljasto glinasti grušč, rjave barve, s samicami belega apnenca, gradi območje nad odlomnim robom plazu in boke plazu. Vrtine, ki so bile izvrtane nad odlomnim robom, so pokazale, da je globina meljastega grušča od 3.5 do 4 m. V nekaterih vrtinah pa se je pokazalo, da se pod plastmi sivega pretrtega laporja zopet pojavi meljasti grušč rjave barve in seže tudi globine 12 m. To kaže, da se je to območje v preteklosti že premikalo in da so flišne plasti kot blok zdrsele preko rjavega grušča.

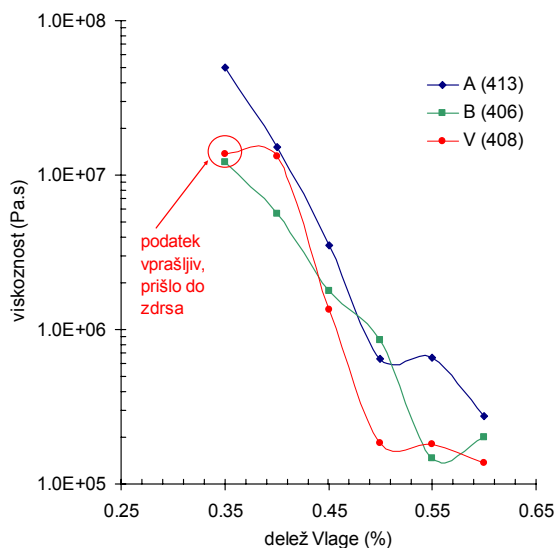
Splazeli material je zelo heterogen. Tvori ga pobočni rjavi grušč s kosi belega apnenca in v meljasto glinasti grušč spremenjen fliš sive barve. V grušču so kosi rjavega preperlega peščenjaka, sivega peščenjaka, sivega laporovca in mestoma tudi belega apnenca. Grušč je rahel do zelo gost. Med vrtnanjem je bil v teh plasteh, na različnih globinah, opazen tudi dotok vode. Z vrtinami, vrtnimi v ožjem območju plazu je ugotovljena debelina splazele mase med 3 in 8 m. V povprečju so geofizikalne preiskave pokazale nekoliko globljo mejo [3].

Geomehanske lastnosti hribine in splazele mase

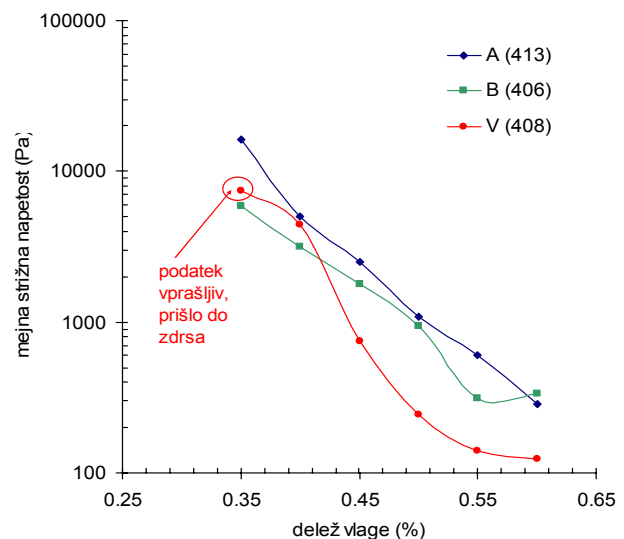
V vseh vrtinah je ugotovljeno, da so flišne plasti močno tektonsko pretrete in pregnetene, $RQD=0$. Posamezne plasti sivega peščenjaka in sivega laporovca so razpokane. Večinoma so plasti peščenjaka debele do 10 cm. Pretrete flišne plasti so sive barve, s petrografsko raziskavo je bilo ugotovljeno, da je vezivo meljasto glinasti lapor. Vmesni trdnejši kosi so sivi laporovec in sivi peščenjak. Enoosna tlačna trdnost Q_u je med 155 do 323 kN/m^2 . Na vzorcih so bile opravljene direktne strižne preiskave in preiskave v rotacijskem strižnem aparatu. Direktne strižne preiskave so dale strižni kot med 22 in 27° in kohezijo c med 0 in 37 kN/m^2 . V rotacijskem aparatu je dobljena strižna trdnost $\varphi=8.4^\circ$, brez kohezije. Pretrt in pregneten meljasto glinasti lapor smo ocenili tudi z GSI indeksom, 20 (± 5).

Geomehanske lastnosti splazelega materiala zaradi njegove heterogene sestave zelo nihajo. Modul stisljivosti je med 2.2 do 5.5 MPa. Z direktnim strigom so ugotovljene naslednje vrednosti $\varphi=24^\circ$, $c=18kN/m^2$ in $\varphi=21^\circ$, $c=20 kN/m^2$. Enoosna tlačna trdnost je med 64 – 125 kN/m^2 .

Opravljene so bile tudi preiskave viskoznosti in mejne strižne trdnosti. Za potrebe preiskave so bili vzorci presejani na velikost pod 63 μm . Vzorci so se nato v 2-4 dnevih omočili od 35 do 60 % vlage.



Slika 5. Odvisnost mejne strižne trdnosti vzorcev A, B, V od vlage



Slika 6. Odvisnost povprečne vrednosti viskoznosti vzorcev A, B, V od vlage

Vzorec lahko imenujemo suspenzija le pri vlagi višji od 50%. Pod to vlažnostjo so vzorci pol-trdni. Preiskave so pokazale, da mejna strižna trdnost močno pade s povečanjem vsebnosti vlage od 10e4 Pa, pa do nekaj 100 Pa pri najvišji vlagi 60 % (slika št.5). Prav tako se koeficient viskoznosti zniža od 1e8 do 1e5 Pas (slika št.6).

Laboratorijske raziskave kažejo, da so geomehanske in reološke lastnosti splazelega materiala močno odvisne od vsebnosti vode, oz. od padavin.

HIDROGEOLOŠKE IN KEMIJSKE LASTNOSTI

Za določitev koeficienta vodoprepustnosti so bili v vrtinah izvedeni nalivalni in črpalni poizkusi. Glede na rezultate meritev ugotavljamo, da se koeficient vodoprepustnosti spreminja v naslednjih intervalih [4]:

1. za glinasto mejasti lapor in masiven peščenjak, ki predstavljata osnovno hribinsko podlago in za zaglinjen zbit pretrt material fliša, ki predstavlja del plazine, med 10^{-7} in 10^{-8} m/s,
2. za zdrobljen peščen laporovec in peščenjak, ki predstavljata osnovno hribinsko podlago, med 10^{-6} in 10^{-5} m/s in
3. za meljasto glinasti grušč s kosi peščenjaka in apnenca in meljasto glinasti grušč, ki predstavljata del plazine, med 10^{-4} in 10^{-3} m/s.

Odvzeti so bili tudi vzorci za kemijsko analizo vode. Vsi vzorci vode kažejo na povečano mineralizacijo, ki je višja glede na običajne podzemne vode. Predvsem je opazna visoka vsebnost sulfatov, razmeroma nizka vsebnost hidrogenkarbonatov in izredno povišana vsebnost natrija. Povečane vsebnosti natrija gredo najverjetneje na račun izmenjave baz, do katere pride pri precejanju vode skozi pretrte laporne plasti bogate z minerali glin.

Na plazu je pogosto opazen neobičajen bel prah, ki je bil kemijsko preiskan. Kemijska sestava oprha kaže, da gre za soli kalcijevih in natrijevih sulfatov. Sklepamo, da prihaja do izločanja teh soli zaradi prezasičenosti podzemne vode, ki prihaja na dan iz neprezračenihih geoloških plasti, to je iz geodinamsko zaprtih pogojev. Do omenjenih procesov oksidacijsko - redukcijskih procesov in izločanja soli ob izdanjanju teh vod lahko prihaja po daljšem precejanju vod skozi geološke plasti v zaprtih hidrodinamskih pogojih. Rezultati kemijskih analiz kažejo na dotok vode iz globljih plasti.

NUMERIČNO MODELIRANJE

Namen numeričnega modeliranja je bil ugotoviti lokacijo nestabilnih območij in mehanizem drsenja. Za izračun je uporabljen programski paket FLAC, ki računa po metodi končnih diferenc. Zaradi velike dolžine plazu smo stabilnost plazu računali po odsekih.

Za posamezne odseke je bilo izdelanih več modelov z različnimi nivoji vode in različnimi konstitutivnimi modeli. Uporabili smo tri modele:

- Mohr-Coulombov elastično - plastični model
- Klasični viskozno - elastični model
- Burgerjev viskoplastični model.

Z Mohr-Coulombovim modelom smo potrdili, da je plaz brez upoštevanja vode stabilen, ob dvigu vode do površine, pa se več metrske deformacije pojavijo v plasteh grušča, v spodaj ležečih plasteh pretrtega fliša pa deformacije velikosti nekaj centimetrov, kar je potrjeno tudi z inklinacijskimi meritvami. Predvsem so zanimivi rezultati modeliranja z Burgerjevim viskoplastičnim modelom, ki upošteva viskozne lastnosti materiala. Model je uporabljen samo za gruščnate plasti.

Burgerjev viskoplastičen model

Klasični viskoelastični model ne upošteva spreminjanje koeficienta viskoznosti od strižnega modula, zato smo na podlagi novih laboratorijskih raziskav uporabili Burgerjev viskoplastični model.

Burgerjev viskoplastičen model je zgrajen iz visko-elastoplastične komponente in elasto-plastične komponente. Obe komponenti sta povezani zaporedno. Viskoelastična komponenta se preračunava po Burgerjevem modelu, elasto plastična pa po Mohr-Coulombovem modelu.

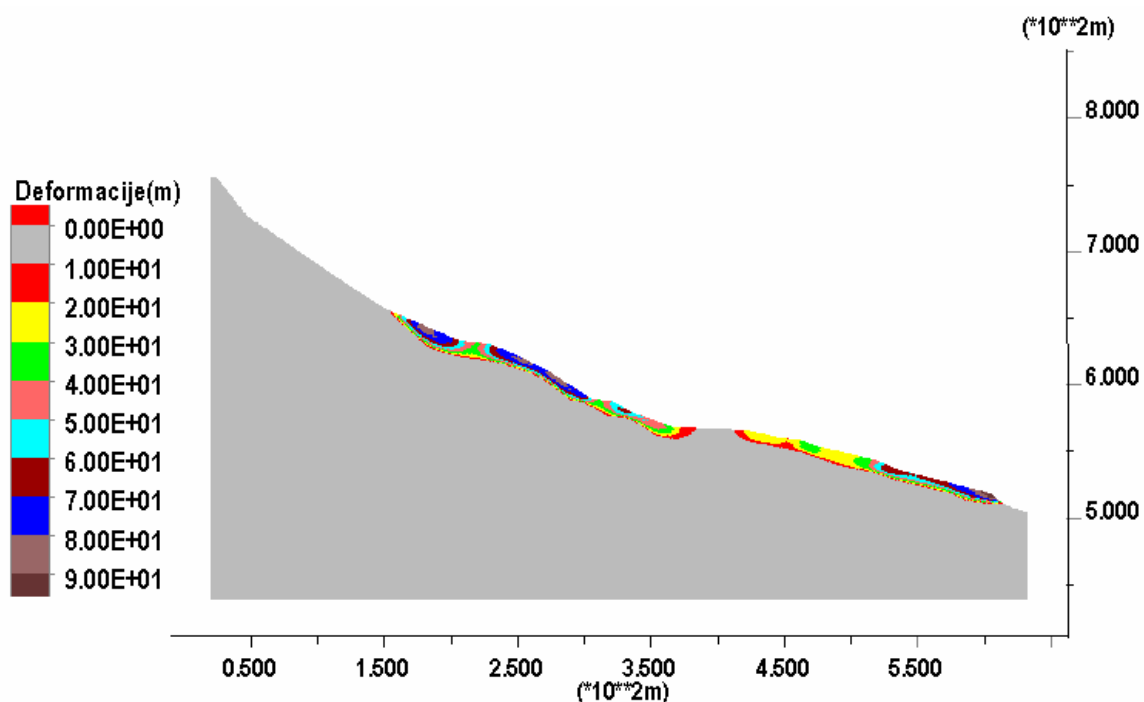
Za pridobitev vhodnih podatkov za izračun po Burgerjevem viskoplastičnem modelu smo izvedli dodatne reološke raziskave pri vlažnosti 40% in 60%. V času večjih premikov na plazju, so bili ocenjeni maksimalni premiki med 60 – 100 m na dan.

Vhodni podatki za model so prikazani v preglednici št. 1:

Preglednica 1. Vhodni podatki za Burgerjev model

Geološke plasti	γ KN/m ³	E MPa	φ°	c KN/m ²	ν
Meljasto glinasti grušč	21	3	24	10	0.3
Pretrti in pregn. meljasto glinasti lapor	22	300	24	40	0.25
Apnenec	26	1150	49	1000	0.25
Peščenjak	26	5600	46	800	0.25
Flišne plasti	26	800	28	126	0.25

Ugotovljenim deformacijam smo se najbolj približali z upoštevanjem viskoelastoplastičnih lastnosti gruščnatih plasti s 40 % vlago. Vhodni viskoelastoplastični podatki za plasti grušča so; G_M (Maxwellov strižni modul) – 1.1MPa, μ_M (Maxwellova viskoznost) -1.18e8 Pas, G_K (Kelvinov strižni modul) - 0.15 MPa, μ_K (Kelvinova viskoznost) - 5.02e8.



Slika 7. Deformacije, ki se izvršijo v enem dnevu, v zgornjem dela plazju izračunane po Burgerjevem modelu

IZRAČUN VOLUMNOV SPLAZELIH MAS

Namen izračuna volumnov plazenja na plazu Slano Blato je, da ugotovimo kolikšne dodatne mase plazine so aktivirane v sedanjem času in kakšne so še potencialne mase zemljin in hribin, ki se lahko vključijo kratkoročno ali dolgoročno v plazenje.

Za oceno realnih možnih bodočih plazenj v naslednjih letih smo predvideli, da se plazenje poglobi na nivo osrednjega aktivnega plazu na celotnem območju sedanjih odlomnih robov in dobili volumen 670.000 m^3 , od tega se sedaj že premika 480.000 m^3 . K tem 190.000 m^3 pa je treba prišteti po grobi oceni še dodatnih 100.000 m^3 za širjenje plazu navzgor in v boke, ki se bo v naslednjih letih še nadaljevalo. Ne smemo tudi izključiti, da se lahko tudi poveča globina drsne ploskve, saj vse nove vrtnice in seizmične preiskave kažejo, da je fliš v podlagi tektonsko močno pretrt. V tem primeru se volumni gibajočih mas lahko povečajo za dvakrat.

ZAKLJUČEK

Za plaz Slano Blato so bile v letu 2003 in 2004 izvedene raziskave, ki so vključevale geofizikalne meritve, strukturno vrtnanje, laboratorijske in terenske preiskave ter kartiranje terena. Na osnovi preiskav lahko do danes zaključimo, da je dotok vode v plazino eden poglavitnih vzrokov za sprožitev plazenja.

Najpomembnejši podzemni pretok, predvsem v zgornjem delu plazu Slano Blato, je vezan na gruščnati material z apnenčevim gruščem. Sklepamo, da se del vode, ki napaja plazino, obnavlja z infiltracijo padavin v zaledju plazu, nad plazom in iz bokov plazu in se počasi preceja skozi srednje do slabo prepustne plasti v plazino. Slabo prepusten material se pojavlja tako v osnovni hribini kot tudi v plazini. Material s srednjo prepustnostjo se pojavlja tudi v globinah večjih od 20 m in je vezan na posamezne vmesne bolj pretrte ali bolj razpokane plasti laporovca in peščenjaka. Iz tega sledi, da lahko pomembni dotoki izhajajo tudi iz hribinske osnove v podlagi plazine. Na to kažejo tudi kemične raziskave vode in kemična analiza belega oprha. V plazu se oblikujeta dve drsni ploskvi. Prva na stiku med gruščem in flišnimi plastmi na globini od 3 do 8 m. Druga drsna ploskev se oblikuje v plasteh pretrtega laporja. Ob tej plskvi se material premika veliko počasneje kot v zgornji, vendar ocenjujemo, da je globina drsenja na nekaterih mestih lahko tudi večja od 10 m.

Izračun volumnov aktivirane plazine je pokazal, da se je stanje od novembra leta 2002 pa do danes na zgornjem delu plazu Slano Blato močno poslabšalo. Ugotovljeno je, da je v plazenju okoli 480.000 m^3 plazine. Realno je, glede na sedanje poznavanje obnašanja plazu Slano Blato, da lahko vsako naslednje leto pričakujemo enkrat letno večje premikanje plazine. Ob zelo kritičnih vremenskih razmerah lahko počasno gibanje plazine spremljajo tudi hitri drobirski tokovi.

Za preprečitev opisanega scenarija premikanja bi bila potrebna izvedba učinkovitega globinskega odvodnjevanja na območju Slanega blata in globoko površinsko dreniranje vzdolž celotne struge Grajščka na plazu. Vsekakor bi bilo treba izdelati idejni projekt odvodnjevanja, ki bi pokazal ali je mogoča učinkovita izvedba odvodnjevanja in kako naj se izvede.

LITERATURA

- (1) Kočevar M. (2001). Poročilo o geoloških, hidrogeoloških in geomehanskih raziskavah na plazu Slano Blato. Geoinženiring, Ljubljana.
- (2) Ribičič M. (2002). Končna sanacija plazu Slano Blato nad Lokavcem pri Ajdovščini, Gradbenik, št. 6, 2002.
- (3) Stopar R. (2003). Geofizikalne preiskave na območju plazu Slano Blato nad Lokavcem. Geoinženiring, Ljubljana.
- (4) Prestor J. (2003). Poročilo o hidrogeoloških raziskavah izvedenih za plaz Slano Blato za leto 2003. GzS, Ljubljana.