

Analiza možnosti proženja zemeljskih plazov

An Analysis of Landslide Possibility

Rok FERME *

Izvilleček

Ferme, R.: Analiza možnosti proženja zemeljskih plazov. Gozdarski vestnik št. 4/1996. V slovenščini s povzetkom v angleščini, cit. lit. 32.

V članku so analizirani vplivi naravnih dejavnikov na možnosti proženja zemeljskih plazov – tudi kot prispevek določiti potencialno ogroženih območij zaradi zemeljskih plazov. Podobno so z vidika vpliva naravnih dejavnikov analizirani zemeljski plazovi, ki so se pojavili med neurjem v letu 1990 v dolini Lučnice. V članku so navedene tudi usmeritve, kako gospodariti z gozdovi, da s posegi v gozdove ne bomo spodbujali zemeljskih plazov ampak povečali stabilnost labilnih pobočij.

Ključne besede: erozija, zemeljski plazovi, gošpodarjenje z gozdovi, Savinjska dolina.

Synopsis

Ferme, R.: An Analysis of Landslide Possibility. Gozdarski vestnik No. 4/1996. In Slovene with a summary in English, lit. quot. 32.

The article analyses the impact of natural factors on landslide possibility. It is also a contribution to the establishing of potentially jeopardized areas due to landslides. The landslides which emerged in the storm in 1990 in the Lučnica Valley have been analysed in detail from the natural factors' point of view. Some directions as to appropriate forest managing – not causing landslides but increasing stability of unstable areas – are also given in the article.

Key words: erosion, landslides, forest managing, the Savinja Valley

1 UVOD

1 INTRODUCTION

Spremembe na površinskem sloju zemeljskega reliefa, ki nastanejo kot posledica delovanja številnih zunanjih dejavnikov (geoloških, orografskih, klimatskih, pedoloških, vegetacijskih, hidroloških, antropogenih...), imenujemo erozija. Te spremembe se kažejo kot trganje in odnašanje zemljin ter njihovo prelaganje in odlaganje.

Manjši sodevisni (zgoraj naštet) dejavniki so v preteklosti večkrat povzročili številne manjše in večje zemeljske plazove (v nadaljevanju tudi kar plazovi), ki so terjali ogromno škodo in zahtevali tudi človeške žrtve. Tako se je ob novembrski ujmi leta 1990 v dolini Lučnice utrgalo 27 plazov, med njimi več velikih (Kladnik 1991). Ta pojav je razkril doslej premalo poznano ogroženost tega dela Zgornje Savinjske doline zaradi velikih plazov.

Prav zaradi ujme leta 1990 in z njo povezanih plazov, pa tudi splošno zaradi

pomembnosti erozijske problematike, smo se odločili proučiti verjetno ogroženost območja Lučnice zaradi zemeljskih plazov.

Namen naloge je:

- določiti vplive naravnih dejavnikov na možnosti proženja zemeljskih plazov,
- ugotoviti potencialno ogrožena območja zaradi zemeljskih plazov,
- primerjati vplive naravnih dejavnikov na proženje zemeljskih plazov v letu 1990 v dolini Lučnice,
- spodbuditi razmišljanje o škodi zemeljskih plazov pri gošpodarjenju z gozdovi, še zlasti na hudourniških območjih.

2 METODE DELA

2 WORKING METHOD

V okviru raziskave smo oblikovali takšno metodologijo analize naravne danosti, da lahko čim točneje in vnaprej določimo s plazenjem tal ogrožena območja.

Analizirali smo takšne parametre – naravne danosti, ki so sorazmerno hitro in v zahtevani natančnosti ugotovljivi, so skupni več dejavnostim v prostoru in odločujoče

* F. R., dipl. inž. gozd, Podjetje so urejanje hudournikov, 1000 Ljubljana, Hajdrihova ulica 28, SLO

vplivajo, bodisi sami po sebi ali z medsebojnimi zvezami, na proženje zemeljskih plazov. Te naravne danosti so položaj in razporeditev nagibov površin, količina padavin, tipi hribin (geološka podlaga) ter pokrovnost in obraslost površin (potencialna in recentna gozdna vegetacija).

Kot strižne trdnosti (strižni kot) je tisti nagib hribine, pri katerem je zaradi notranjega trenja še ohranjeno ravnovesje. Ločimo strižni kot suhe in mokre hribine.

Za prvi del raziskave smo uporabili gozdnogospodarski načrt GGO Nazarje za obdobje 1991 – 2000, obnovitveni gozdnogospodarski načrt GGE Luče – zasebni gozdovi za obdobje 1986 – 1995 in poročilo h geološki karti GGO Nazarje iz leta 1982. Iz gradiva smo izluščili podatke, ki se nedvoumno nanašajo na območje Lučnice. Posplošenim podatkom, ki so se nanašali na celotno območje Nazarje, se je bilo treba odreči. Drugi del raziskave zajema dve analizi, in sicer analizo nagibov površin z geološko podlago ter vegetacijsko analizo, ki smo jo primerjali še s Koširjevo metodologijo vrednotenja gozdov po varovalnem pomenu. Pri prvi analizi smo najprej izločili hribine, ki so podvržene plazanju. S pomočjo kota notranjega trenja (strižnega kota) za mokre in suhe zemljine smo za te kamnine določili kategorije nagibov, pri katerih so hribine pogojno stabilne ali pa nestabilne. Podatek o vrednosti strižnega kota za andezitne tufe in njim podobne kamnine ter pobočne gruše smo dobili v delu z naslovom Strokovno mnenje o možnosti ureditve struge Lučnice pod plazom pri Podveži v Podvolovljeku, podano junija leta 1991. Izdelali so ga na Katedri za mehaniko tal z laboratorijem na Fakulteti za arhitekturo, gradbeništvo in geodezijo (FAGG 1991). Strižne kote za moreno in lapor (lapor, lapornati apnenec, sivi apnenec) pa smo dobili iz preglednic geomehanskih značilnosti tipičnih hribin (Nonveiller 1979).

Obe analizi nam dajeta odgovor, kje so zaradi zemeljskih plazov ogrožena območja. Nazadnje smo ju primerjali še s sproženimi plazovi iz leta 1990 na območju Lučnice. Gradivo za nalogo sem zbral iz različnih pisanih in drugih virov ter s terenskimi pregledom obravnavanega območja.

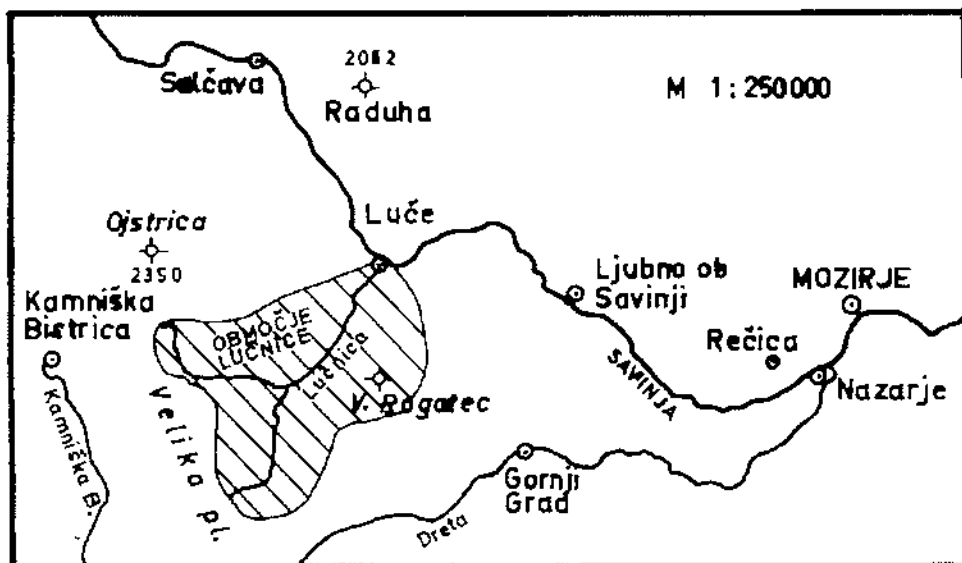
3 OPIS OBRAVNAVANEGA OBMOČJA 3 A DESCRIPTION OF THE INVESTIGATED AREA

Pri omejitvi območja, ki smo ga zajeli v obravnavi, smo izhajali iz reliefnih razmer, ki predstavljajo zlivno območje Lučnice. Lučnica z 57,50 km² velikim zlivnim območjem ima zaradi velikega deleža zakraselega sveta v porečju dokaj skromno površinsko hidrografsko mrežo. Hidrološki izračuni kažejo, da se okrog 40 % vode s površja odteka podzemno, a ne vsa v Lučnico (odtok je deloma usmerjen v dolino Kamniške Bistrice deloma v Savinjo nad Lučami). Na zahodni in severni strani Dleskoveške planote je zaradi tega razvodnica nejasna (Kladnik 1991). Zato tega dela območja nismo zajeli v obravnavo.

Obravnavano območje se razprostira jugozahodno od Luč. Na severu ga omejujejo Vršič, Smrekovec, Dleskovec, Planina Jezerca, Planina Vodole, Tolsti vrh, Deska in Stare štale do Čohavnice, ki je na skrajnem SZ robu. Na jugu pa Jerovica, Velika griča in Volovljek ter Kranjska reber, ki predstavlja JV rob. Po vzhodni strani gre meja po vrhovih Košnega vrha, sedla Kunšperk, Kunšperskega vrha, Lepenke, Kala, Velikega Rogatca, Drožniškega vrha in Hribarskega vrha ter po zahodnih pobočjih le-tega vse do Luč. Na zahodu pa ga omejujejo Prog, Planina Rsenik, Konj, Lučka kopa ter mogočna Velika planina. Celotno ozemlje obravnavanega območja leži na območju Savinjskih Alp.

Dolina Lučnice je značilni primer kulturne krajine v alpskem svetu Slovenije, obenem pa je zaradi svojevrstnega geološkega nastanka tudi posebnost.

V zgornjem delu je dolina široka, odprta, v spodnjem delu proti Lučam pa ozka. Nastanek doline je vezan na sinklinalo in tektonske prelome. Nastala je s fluvialno erozijo v mehkejših kamninah. V zgornjem teku so oligocenski gornjegrajski skladi. Tu je nastala široka dolina zaradi lahke erodibilnosti kamninske podlage. V spodnjem delu se pojavlja andezitni groh, ki je trši. Tu je dolina ozko zajedena, nad njo pa so pomoli in pregibi, ki so bili ugodni za naselitev (Šiljar 1991).



Shema št. 1: Lokacija zlivnega območja Lučnice
Scheme 1: The Lučnica watershed location

Dolina Lučnice (foto: Rok Ferme)
The Lučnica Valley (by Rok Ferme)



4 ANALIZA NARAVNIH DEJAVNIKOV NA OBMOČJU LUČNICE

4 THE ANALYSIS OF NATURAL FACTORS IN THE LUČNICA REGION

4.1 Podnebje

4.1 Climate

Podnebne razmere so eden pomembnejših naravnih dejavnikov, ki vplivajo na proženje zemeljskih plazov. Da bi jih čim bolj razložili, smo v analizo vključili območje med Lučami, Mozirjem, Gornjim Gradom, Kamniško Bistrico, Ambrožem pod Krvavcem, Logarsko dolino, Podolševo, Solčavo in Koprivno.

V splošnem imajo podnebne razmere vse značilnosti klime predalpskega sveta Slovenije. Poletja so sveža, zime so relativno hladne, padavine so v letu dovolj enakomerno razporejene. Alpska klima pride do izraza le v višjih legah. Izredno razgiban mezorelief in mikrorelief pogojujejo množico lokalnih klimatskih odtenkov, ki v veliki meri vplivajo na raznolikost tal in vegetacije.

Pričakovati moramo koncentracijo padavin ob Savinjskih Alpah, in sicer na slemenih z letno količino nad 2000 mm. Vendar padavine z višino naraščajo le do tiste višine, kjer znaša dnevna temperatura od -2 do -5 stopinj. Ta meja leži pozimi v padavinskih dneh v bližini 1500 m n.v., poleti pa nad našimi najvišjimi vrhovi. Zato zimske padavine ne naraščajo do slemen, temveč dosežejo svoj maksimum v višini okoli 1500 m. Enako se dogaja s padavinami poleti, ko dosežejo svoj maksimum na pobočjih v višini 2000 m. V zaledju Savinjskih Alp padavine naglo pojemajo in padajo proti Koroški pod 1200 mm letno, kar se že pozna v območju Solčave, kjer je padavin v primerjavi z Lučami že manj. Za območje Raduha - Ojstrica so značilne še močne nevihte, zaradi katerih moramo v tem delu računati s hudournimi pojavi.

Snežna odeja se v Gornjem Gradu in Mozirju zadržuje nekako 56 dni, v Lučah 64 dni, proti Solčavi narašča do 112 dni in na najvišjih Savinjskih vrhovih do 270 dni (GGN za GGO Nazarje 1986).

4.2 Orografija

4.2 Orography

V geomorfološkem pogledu pripada območje alpskemu in predalpskemu svetu. V višinskem pogledu je zelo razgibano. Najnižja točka območja leži na nadmorski višini 522 m (Luče), najvišja pa na 1975 metrih (Tolsti vrh).

V odvisnosti od geoloških dogajanj, v največji meri pa od kamnine same, ločimo več tipov reliefa. Tako prevladujejo na karbonatni kot tudi na nekarbonatni (silikatni) podlagi razgibane reliefne oblike. Na karbonatu so te bolj ostre s skalami in kamenjem na površju, razen na dolomitu, za katerega je značilno bolj gladko površje. Na dolomitih so pobočja strmejša, na stabilnejših apnencih pa so se izoblikovale kraške planote. Silikatni svet je bolj zaobljen in gladek in ga prekrivajo številni, bolj ali manj globoki jarki s strmimi pobočji. Večina teh jarkov je vodnih, vode se med seboj stekajo in pritečejo v dolino kot pritoki Lučnice.

Ozemlje je bilo v preteklosti izpostavljeno intenzivnemu tektonskemu delovanju. Alp-sko usmerjeni (vzhod - zahod) glavni gorski grebeni so se razdrobili v številne hrbte, ki jih je vodna erozija še nadalje razčlenila. Tako je danes za površine območja Lučnice značilna mozaična prepredenost ekspozicij (GGN za GGO Nazarje 1986).

4.3 Geološka podlaga

4.3 Geological base

Po geološko-petrografski zgradbi uvrščamo območje Lučnice med zelo heterogene in bolj zanimive predele Slovenije, saj ga gradijo različne kamnine tako po vrstah, starosti, kakor njihovem nastanku. Geološka zgradba je v glavnem pogojena z morfološki oblikami terena, kar se lepo kaže v Savinjskih Alpah. Zastopane so metamorfne, magmatske in sedimentne kamnine.

Metamorfna kamnina je nizkometamorfni zeleni skrilavec, magmatske pa so keratofir, keratofirski tuf, andezit in diabaz. Sedimentne kamnine so klastični sedimenti (prod, pesek, peščenjak, skrilavec in skrla-

vi glinovci), piroklastični sedimenti (tuf, tufit, vulkanska breča) ter apnenec in dolomit, ki spadata med biokemične sedimente. Glede lito-petrografskih značilnosti posameznih kamnin, ki vplivajo na vrsto podlage, moramo omeniti, da tvorijo karbonati, to so apneneci in dolomiti, bazično podlago, klastične kamnine v glavnem nevtralnno podlago (odvisno od količine posameznih sestavin, recimo kremena itd.) ter magmatske in metamorfne kamnine kislno podlago.

4.4 Vegetacija

4.4 Vegetation

Na obravnavanem območju se po fitogeografski razdelitvi Slovenije M. Wrabro srečujeta dve fitogeografski območji: predalpsko in alpsko. Večina preučevanega sveta pripada predalpskemu fitogeografskemu območju. Tu so vplivi alpskega sveta, pridejo pa do pravega izraza le na najvišjih vrhovih.

V skladu s različnimi ekološkimi faktorji, kot npr. geološka podlaga, tla, relief, klima (makro in lokalna), antropogeni vpliv itd., se je izoblikovala potencialna in današnja, recentna gozdna vegetacija.

Na silikatni matični podlagi so naslednje vegetacijske enote – asociacije: Luzulo-Abieti-Fagetum praealpinum, Luzulo-Fagetum montanum praealpinum, Querco-Luzulo-Fagetum, Galio rotundifolii-Abietetum, Bazzanio-Abietetum in Deschampsio-Piceetum. Združbe, ki so se izoblikovale na karbonatni podlagi pa so: Abieti-Fagetum praealpinum, Lamium orvalae-Fagetum praealpinum, Fagetum submontanum praealpinum, Ostrya-Fagetum, Orno-Ostryetum, Aceri-Fraxinetum illyricum, Pinetum austroalpinum, Adenostylo-Piceetum in Rhodothamnno-Rhodoretum.

4.5 Antropogeni vplivi

4.5 Anthropogenic effects

Naselitev v teh krajih se je začela v 13. stoletju pod vplivom benediktinskega samostana v Gornjem Gradu. Potekala je v obliki celkov. Za časa franciscejskega katastra je od vse rodovitne površine 1/2

odpadlo na gozd, 1/3 na pašnike in planine, 1/6 na njive in 1/20 na travnike. Živinoreja in poljedelstvo sta bili najpomembnejši gospodarski panogi, les pa je začel dobivati veljavo šele proti koncu 19. stoletja. V prvi polovici 20. stoletja sta začela poljedelstvo in živinoreja močno pešati. Deleži zemljiških kultur so se spremenili tako, da se je delež njiv in pašnikov zmanjšal, povečal pa se je obseg travnikov in zlasti še gozda. Gozd danes porašča 70% rodovitnih tal. Tehnični posegi (gradnje) v okolje so bili omejeni v glavnem na postavitve bivališč in gospodarskih poslopij. Poti so bile sicer goste, vendar ozke in prilagojene terenu. V vodnatih jarkih so postavili mline.

V šestdesetih letih 20. stoletja se je začela obširna gradnja prometnic. Gozdne ceste, ki povezujejo hribovske kmetije z dolino, dosegajo danes gostoto okrog 16 m/ha (Šiljar 1991).

Strnjeno naselje je le kraj Luče, drugo prebivalstvo tega območja pa je bolj ali manj razkropljeno po dolini Lučnice in po hribovskih kmetijah v obliki celkov.

Pomemben dejavnik je tudi antropogeni vpliv na vegetacijo, posebno v višjih nadmorskih višinah, kjer so gospodarili z gozdovi s fratarjenjem oz. požari in novinami. Popolna prevlada smreke skozi več generacij je spremenila rastiščne razmere v taki meri, da je danes mestoma težko določiti primarno gozdno vegetacijo.

Kulturna krajina, ki je nastala v stoletjih od naselitve dalje, kaže podobo, kakršna je preživela (tudi katastrofe) ter ima zaradi tega posebno vrednost.

5 PRESOJA OGROŽENOSTI OBMOČJA LUČNICE ZARADI ZEMELJSKIH PLAZOV

5 A JUDGEMENT AS TO THE JEOPARDY LEVEL OF THE LUČNICA AREA DUE TO LANDSLIDES

5.1 Zemeljski plazovi

5.1 Landslides

Zemeljski plazovi so po nastanku zelo stari in se na Zemlji pojavljajo že približno milijardo let. So eden nenehnih preoblikovalcev njenega površja in so za razvoj le-



Lepo vidna drsna ploskev pod odlomnim robom, v centralnem delu Tratičnikovega plazu
A well seen slip plain under the crown, in the central part of the Tratičnik landslide

tega nekaj povsem naravnega, saj jih je treba razumeti kot sproščanje reliefne, vodne, klimatske, magnetne energije pri vzpostavljanju sukcesivnih, novih, fizikalnih, prostorskih in drugih dinamičnih ravnotežij za živo naravo. Za človeka pa so plazovi škodljivi in nezaželeni pojavi, zlasti ker najpogosteje nastopajo na življenjsko ugodnih terenih (plodna tla, nad poseljenimi dolinami, ob prometnicah itd.).

V daljni zemeljski preteklosti so bili zemeljski plazovi ob intenzivnejši tektoniki, vulkanskem delovanju, klimatskih ekstremih znatno pogostejši, z umirjanjem teh pojavov in s širjenjem vegetacije, zlasti gozdov, so se umirjali, s pojavom človeka in njegovih nepravilnih posegov v prostor pa so spet pogostejši (Čampa 1994).

Zemeljski plaz imenujemo pojav, ko se velika količina zemlje, blata, kamenja, skalovja in drobirja pomika po pobočju hriba navzdol (Walker 1992).

5.1.1 Pojavne oblike plazne erozije

5.1.1 Slide erosion forms

Ločimo naslednje pojavne oblike plazne erozije (Pintar 1987):

Z d r s i nastanejo praviloma tam, kjer ležijo razmeroma trdne krovne plasti hribin na strmi, zglajeni površini stabilnejše podlage. Večina lokalnih zdrsov je posledica izpodkopanih ali presekanih krovnih plasti, v večjih razsežnostih pa izjemne razmočenosti le-teh. Nevarni so zaradi nenadnega sproženja in pospešenega gibanja zdrsele plazovine, dodatno pa so problematični, ker jih glede na navidezno stabilnost vrhnjih plasti težko predvidimo. Zdrsele plazovine sestavljajo premešani izvorni hribinski materiali. V primerjavi z drugimi plazovi se začnejo zdrsi trgati od spodaj navzgor.

U s a d i so značilen pojav izpodkopanih zemljinah pobočij, katerih brežine so strmejšee od nagiba njihove naravne stabilnosti. Večkrat se sprožijo zaradi nepravilnega

izvajanja brežin usekov, so pa tudi pogost spremljevalec globinske in bočne erozije. Usadne plazovine sestavljajo praviloma prenetene glineno-meljaste ali z glino mešane zemljine. Njihova značilnost je veliko naraščanje sproščanja in nenadejanega gibanja plavin.

P l a z o v i se praviloma sproščajo zaradi prekomernega razmikanja drobnozrnatih in pretežno drobnozrnatih mešanih zemljin v nagibih med 35 % in 120 %. V enovitih zemljinah navadno ne dosegajo večje razsežnosti, kljub temu so škodljivi zaradi številnosti in so pogost vzrok razvoja erozijskih žarišč. Značilnost plazov v plastovitih zemljinah pa so nekaj metrov (redkeje tudi do 40 m) globoki sloji prepustnejših zemljin, ki plazijo po manj prepustni podlagi (sivica, morska glina ipd.). Sprožajo in gibajo se počasi, šestokrat skozi desetletja. Do hitrejših premikov pride ob izjemni razmočenosti, zaradi velikih razsežnosti, že pri relativno blagih nagibih ($i = 6\%$). Njihove odkladnine so prenete izvirne zemljine.

P o d o r i se sprožijo trenutno v strmih skalnih hribinah in ob njihovih razpokah. Nastanejo kot posledica popustitve notranje povezanosti, dodatnih obremenitev izpodkopanih vznožij in ob tektonskih premikih, pri katerih lahko zavzemajo velike razsežnosti. Podornine in preperinske zruške sestavljajo hidrološko nepredelane gmote delno razrutih hribin, od najdrobnejših frakcij do velikih skalnih blokov. Kot take so največkrat stabilne, na labilni podlagi pa zaradi večjih obtežitev pogostokrat izzovejo plazenje.

5.1.2 Vzroki za zemeljske plazove

5.1.2 Landslides' causes

Za nastanek zemeljskih plazov so potrebna bolj ali manj nagnjena tla, slaba povezanost določenega sklopa skale ali sekundarna razpakanost. Sprožitev plazov je odvisna še od pritiska vode oz. pornege tlaka ter od vplivov dodatnih, naravno ali umetno povzročenih sil (Grimšičar 1984).

Zemeljski plaz se sproži, kadar postane zrahljana vrhnja plast nestabilna. Eden najpomembnejših vzrokov za to je prekomerna navlaženost zemljin zaradi:

– zamakanja – preusmerjanja vod od zgoraj ali s strani,

– prekomernega zastajanja vod v pobočnih kotanjah in na terasah,

– prevelikega pronicanja vod in počasnega podzemnega odtoka oz. previsokega nivoja talnih vod.

Drugi pomemben vzrok zemeljskih plazov je pregrupacija hribskih mas zaradi:

– rahljanja, zlasti miniranja in planiranja površin,

– spodkopavanja brežin zaradi erozivnega delovanja voda in gradbenih posegov,

– preobremenjevanja zaradi naplavljanja, nasipov in deponij (Pintar 1987).

Pogosto pride do zemeljskih plazov na strmih pobočjih zaradi erozije, ki je posledica sekanja gozdov ali drugih neustreznih posegov. Zemeljske plazove lahko povzroči tudi potresi in vulkanski izbruhi.

5.1.3 Hitrost plazenja

5.1.3 Sliding speed

Hitrost plazenja in razvoj hitrosti s časom je naslednji pomemben faktor pri obravnavanju zemeljskih plazovih. Nonveiller (1979) razlikuje več faz, ki jih je odredil po razvoju hitrosti plazenja. Najprej se pojavlja **p o l z e n j e**. Njegova hitrost je zelo majhna (do 30 mm na leto) in približno stalna, plazne napetosti so manjše od trdnosti hribin varnostni količnik pa je $(F) > 1$. Polzenje traja, vse dokler sile, ki povzročajo plazenje, ali nastala deformacija ne začnejo zmanjševati varnostnega količnika. Takrat nastopi **p r e d p l a z e n j e**. Če varnostni količnik še naprej pada, se hitrost povečuje, deformacije postopoma rastejo in nastane faza **l o m a**, pri kateri je pomikanje najhitrejše. Na koncu faze zloma se začne faza **s t a b i l i z a c i j e**, ko spremenjeni pogoji in morfologija ali umetni prijem zmanjšajo splazne napetosti in se varnostni količnik spet poveča, hitrost pomikanja pa manjša.

Z deformacijo se zmanjšuje trdnost hribin, s tem pa se povečuje hitrost plazenja, ki je lahko zelo velika. Zelo velike hitrosti nastanejo takrat, ko je material zelo občutljiv za spremembe. Če male deformacije in s tem lokalne spremembe lahko povzročijo naraščajoče zmanjšanje trdnosti hribin z

močnim povečanjem hitrosti plazanja, naglim širjenjem ogroženega območja in zelo veliko končno hitrostjo.

5.1.4 Podvrženost zemljišč plazni eroziji

5.1.4 Areas liable to slide erosion

Glede na podvrženost zemljišč plazni eroziji ločimo:

- stabilna zemljišča, katerih premikov brez tektonskih vplivov in večjih umetnih prelaganj ni pričakovati;
- pogojno stabilna zemljišča, ki postanejo ob povečani vsebnosti vod ali prerazporeditvi zemeljskih mas nestabilna;
- nestabilna zemljišča, ki so že pri obstoječih razmerah v zaznavnem gibanju.

5.1.5 Stabilnostne lastnosti hribin in zemljin

5.1.5 Stability properties of rock and soils

Za litološke enote, ki so v Sloveniji, se je glede na njihove inženirsko-geološke lastnosti ocenila njihova podvrženost plazanju (preglednica 1). Razvrščene so v sedem skupin, pri čemer so hribine razvrščene po

trdnosti, zemljine pa po USCS-klasifikaciji. Po stabilnosti so naštete skupine kamnin oz. zemljin razvrščene v tri skupine (majhna, srednja in velika možnost plazanja) (Ribičič 1994).

5.1.6 Ogroženost Slovenije zaradi zemeljskih plazov

5.1.6 Jeopardy level in Slovenia due to landslides

Po dosedanjih podatkih (Pintar 1975) je potencialno največ plazov na območju metamorfne permokarbonskega, terciarnokvarternega in triadnega dela Slovenije, dejansko pa povsod tam, kjer prostor neustrezno izkoriščajo: kmetijstvo, prometna infrastruktura, rudarstvo, odlagališča in deponije, premala gozdnatost, izsekavanje gozdov, degradiranost in monokulture, poselitve, propadanje okolja, pogostost klimatskih ujm. Stabilni so le kraški svet in aluvialni nižinski predeli. Potencialno so erozija, usadi in plazovi možni na približno 880 000 ha (45 %), dejansko pa se pojavljajo v intenzivnejši obliki na območju 400 000 ha, kjer deluje nad 6000 večjih in

Preglednica 1: Ocena vpliva sestave geološke zgradbe na možnost nastanka zemeljskih plazov (Ribičič, Vidrih 1994)

Table 1: The estimate of geologic composition's impact on the possibility of landslide formation (Ribičič, Vidrih 1994)

Uvrstitev	Delitev po trdnosti in USCS	NAZIV	OPIS	Ocena možnosti plazanja
HRIBINE	zelo trdne	tonalit	zelo trde in kompaktne magmatske kamnine Pohorja	majhna
	trdne	karbonati	prevladujejo apnenci in dolomiti, ponekod z vključki različnih klastičnih kamnin	majhna
	srednje trdne	klastiti	peščenjaki, laporji, skrilavci in njihove metamorfne različice; andezitske, keratofirske in tufske kamnine	srednja
POLHRIBINE	mehke	terciarni sedimenti	zbiti peski, meljevci, glinovci, laporji - slabo litificirani	velika
ZEMJINE	GP, GW	prodni zasipi	zasipi večjih rek, ki imajo v zaledju kompaktne kamnine	majhna
	GC, GM, CI, CL, MI, ML, SM, DC	glinasto-prodni zasipi	zasipi počasneje tekočih vodotokov; glinasti, meljni in peščeni prodi	srednja
	CH, MH, CI, MI, OH, OI	morski in jezerski sedimenti	zelo rahlo odloženi sedimenti jezersko-močvirnega ali morskega nastanka	velika

manjših plazov, ki sproščajo približno 5,3 milijone ton materiala in ogrožajo okrog 30 % ozemlja države.

5.1.7 Do zdaj znani zemeljski plazovi v hudourniškem območju Lučnice

5.1.7 The landslides known up till now in the Lučnica torrent area

Po ustnem viru sem prišel do podatka, da je bil okrog leta 1928 manjši plaz nekje nad domačijo Selišnik. Drugače v zadnjih letih (do leta 1990) ni bilo zaznati večjih zemeljskih plazov. Geografi pa so na letalskih posnetkih odkrili številne polkrožne kotanje visoko na pobočjih nad dolinami. Podrobnejše preučevanje je pokazalo, da je večina teh kotanj nastala s proženjem velikih plazov v zadnjih nekaj tisoč letih (Natek 1991-b).

5.2 Vpliv naravnih dejavnikov na možnost proženja zemeljskih plazov na območju Lučnice

5.2 The impact of natural factors on the possibility of landslides in the Lučnica area

5.2.1 Analiza nagibov v povezavi z geološko podlago

5.2.1 Inclination analysis related to geological base

Ob koncu würmske poledenitve pred okoli 12 000 leti so bili najvišji deli Savinjskih Alp pokriti z ledom, večji del nižjega sveta, nekako do 400 m nadmorske višine, pa je bil goti in izpostavljen močnemu mehaničnemu razpadanju. Rezultat tega dogajanja so z gruščem prekrita pobočja, ki jih je pozneje prerasila vegetacija in jih s tem zaščitila pred sušifikacijo, sočasno pa je ustvarila potencialne povzročitelje zemeljskih plazov (Natek 1991-a).

To je še posebej značilno za območje Lučnice, kjer prevladujejo v kamninski sestavi neprepustni andezitni tufi. Te plasti so marsikje strmo nagnjene, obenem pa preprežene s prelomi in drugimi razpokami. Andezitni tuf je izrazito plastovit. Za proženje plazov so še posebno ugodne vmesne plasti glinastih morskih sedimentov ali finejših vulkanskih izmečkov. Obilne pada-

vine napojijo gruščnata območja do skalne osnove, po kateri začne voda odtekati in s tem tvoriti vodnato drsno ploskev. Teža z vodo prepojene gruščnate plasti se močno zveča, se na mnogih krajih pretirga in zdrsi po pobočju (Natek 1991-a). Nastanejo številni zemeljski plazovi in usadi.

Labilna in pogojno stabilna tla imamo tudi na območjih, kjer se nahajajo keratofirski tuf in tufit, diabazni tuf in tufit, glinasti skrilavci, nizkometamorfní zeleni skrilavci z vložki tufa in keratofirja, pobočni grušč, morene ter lapor in lapornati apnenec.

Kjer je kamnina kompaktna, ni trenutne nevarnosti za zemeljski plaz. Obstaja pa seveda možna nevarnost zaradi velike mehanične razgradljivosti teh kamnin. Problematični so predvsem predeli, kjer imamo preperino.

Če so kompaktne, so vse te kamnine za vodo neprepustne. Drugače pa je v preperini, skozi katero voda nemoteno pronica. Če je kamnina nasičena z vodo, se zaradi vzgona zmanjša njena teža, s tem pa se zmanjša tudi opora v pobočju. Druga pomembna neugodna posledica precejanja vode skozi razpokano kamnino je strujni pritisk, ki je posledica trenja vode ob kamnino in je usmerjen navzdol, vzporedno z gladino podzemne vode (Breznik 1991). Voda ni vzrok, ampak najpogostejši povod za številne zemeljske plazove.

Za preperine iz andezitnih tufov (zemljine) in njim podobne kamnine ter pobočne-gruščca so bili po merjenju 1990 vzeti vzorci, na katerih so v laboratoriju opravili preiskavo strižne trdnosti. Strižni kot mokre vezljive zemljine znaša 22,7°, povprečni strižni kot, dobljen iz stabilnostnih analiz za suhe zemljine, pa znaša 35°. Dejanska vrednost strižnega kota za suhe zemljine se je gibala med 30 in 40 stopinjami. Zaradi varnosti smo v raziskavo za suhe zemljine vključili zgornjo vrednost, torej 40°.

Vsa zemljišča z nagibi pod 23 in nad 40 stopinjami so pretežno stabilna. V prvem primeru je naklon terena preblag, da bi tudi mokra zemljina splazela, v drugem primeru pa se niso mogle nakopčiti debelejšje plasti zemljin zaradi sprotnega plazanja in spiranja. Nevarno območje za nastanek zemeljskega plazov pri različnih stopnjah vlažnosti zemljine je med obema

vrednostima. Površine z nagibi med 23 in 40 stopinjami so torej tiste, ki so pogojno stabilne oz. nestabilne. Pri andezitnih, diabaznih in keratofirskih tufih oz. tufitih in glinastih skrilavcih ter nizkometamornih zelenih skrilavcih so ogrožena zemljišča, ki spadajo v 5., 6. in 7. kategorijo nagibov površin. Pri pobočnih gruščih pa so to zemljišča, ki se nahajajo v 6. in 7. kategoriji nagibov površin.

Kritične površine v morenah so med 25 in 40 stopinjami, kar ustreza 5., 6. in 7. kategoriji nagibov površin. Pri laporjih pa je pomembno, v kaj preperijo. Nevarnost plazenja nastane, če preperijo v glino. Odvisno od zrnatosti in vlažnosti preperine, strižni kot pada od 29° do 15° (bolj ko je preperina vlažna in fino zrnata, manjši je strižni kot). Preperine (zemljine – glinaste do glinastomeljaste) nad 30 stopinjami praktično ni, zato so hribine nad temi nagibi površin stabilne. Prav tako so stabilne hribine z nagibi pod 15 stopinjami. Ogrožena zemljišča zaradi zemeljskih plazov so

torej v 3., 4., 5. in 6. kategoriji nagibov površin.

5.2.2 Vpliv vegetacije na možnost proženja zemeljskih plazov

5.2.2 The impact of vegetation on the possibility of landslides

Primarna in najpomembnejša funkcija naravnega, še zlasti gozdnega prostora je njegova varovalna funkcija, saj posredno in neposredno pripomore k razvoju narave, človeka in njegovih civilizacijskih pridobitev. Varovalna funkcija gozdov sovpada s pojmom prve vegetacije na Zemlji, antropocentrično pa s pojavom človeka (Čampa 1994).

Preučevanje vsebinske in količinske sestave rastlinstva je pomembna metoda za prikaz in zaznavanje delovanja vseh dejavnikov okolja. V vegetaciji, zlasti še v gozdni, ki je blizu prvobitne sestave, se najbolj neposredno zrcali vpliv mnogoterih rastiščnih dejavnikov. Poznavanje le-teh omogo-

Fizikalno hitro razgradljivi andezitni tufi z vmesnimi plastmi glinastih morskih usedlin (foto: Rok Ferme)

Physically fast decomposable andesite tuffs with intermediate layers of clay sea sediments (by Rok Ferme)



ča ugotavljanje odvisnosti oz. odnosov med rastlinstvom in klimo, tlemi, geološko podlago do odnosov med klimo in tlemi, med klimo in geološko podlago, med tlemi in geološko podlago (Seliškar, Zupančič 1991). Skratka, v rastlinskih združbah se zrcalijo vplivi in delovanje posameznih prvin okolja, ki jih predvsem v medsebojnem prepletanju še ne poznamo v celoti.

5.2.2.1 Hidrološka vloga vegetacije

5.2.2.1 *The hydrological role of vegetation*

Hidrološka vloga gozdov, ki se kaže z blagodejnim zaviranjem in izravnnavanjem otekajoče vode, tako površinske kot podzemne, iz zlivnih območij, je nenadomestljiva. Ta vloga je še posebej pomembna v tako hribovitem in razčlenjenem območju, kakršno je območje Lučnice.

Po oblikah vegetacije lahko razvrstimo površine, na grobo, v tri osnovne skupine:

- površine, porasle z drevjem, t.j. pretežno gozd raznih tipov in oblik, od visokega prek nizkega do raznih tipov grmišč,

- površine, porasle s travinjem (travniki, pašniki), zelišči in raznimi trajnicami; v to skupino uvrščamo tudi površine, porasle s slečjem, resjem, borovnicami ipd.,

- obdelovalne kmetijske površine, porasle s poljedelskimi kulturami (Horvat 1989).

Te tri glavne oblike rastlinske odeje različno vplivajo tako na površinski odtok vode kot na strukturo zgornje plasti tal in s tem na podzemni odtok vode. Prek tega posredno vplivajo tudi na stopnjo ogroženosti zemljišč zaradi zemeljskih plazov.

Gozd ima veliko večjo količinsko proizvodnjo organskih snovi po enoti površine kot travišča ali obdelovalna zemljišča in zaradi tega veliko izrazitejši vpliv (Horvat 1989). Tudi na lastno rastišče veliko ugodneje deluje kot drugi dve rastlinski skupini. Vpliv gozda se izraža v porabi vode za svojo rast, v pridrževanju, v mehanskem oviranju in zaviranju podzemnega odtekanja, predvsem pa v lastnostih rastišča, zlasti v sposobnosti za večje vsrkavanje, sprejemanje in zadrževanje vode v tleh. Rastišče ima boljše lastnosti tudi zaradi globoko segajočih korenin, s katerim drevesa tla rahljajo v globino in vežejo v površino.

5.2.2.2 Vpliv gozda na vezavo tal in zaščito tal pred plazovi

5.2.2.2 *The impact of forest on ground binding and the protection against landslides*

Vsaka strnjena rastlinska odeja v določeni meri varuje tla pred škodljivimi učinki manjših usadov in plazov. Največjo stopnjo varovanja ima nedvomno gozd, njegovi učinki so, zlasti na plazovitih območjih, pomembni.

Zmogljivost gozda za varovanje tal je odvisna od njegove vrstne sestave in od porazdelitve dreves v njem (Golob 1994). V naših razmerah je treba v predelih, kjer je tveganje za usade in plazove posebno veliko, ustrezno pozornost nameniti ohranjanju avtohtonih vrst listavcev, ki večinoma globoko koreninijo, izogibati pa se moramo smreki, ki ima najplitvejši koreninski sistem. Z vrstno sestavo gozdov, ki so na z zemeljskimi plazovi ogroženih predelih, na območju Lučnice, ne moremo biti zadovoljni, saj zavzema smreka v njih prevelik delež.

Mešani gozdovi imajo prepleteno sestavljen koreninski sistem, ki sega v vse talne plasti in jih trdno veže v celoto, medtem ko smreka v gostih, sklenjenih sestojih s svojim plitvim koreninjem ne veže globljih plasti.

Seveda pa od gozda ne smemo zahtevati učinkov, ki jih ne more izpolniti. Tako gozd ne more preprečiti globljih premikanj zemeljskih plasti, ki nastanejo zaradi geoloških vzrokov, ne more preprečiti zemeljskih plazov in usadov, ki se pojavljajo zaradi podtalnega delovanja vode na neprepustnih tleh, ki so ali se pojavijo v večjih globinah. Še manj more zaustaviti že začeto gibanje plazljivega sveta, prav tako pa gozd ne more preprečiti tistega udiranja obrežij in pobočij, do katerega pride zaradi spodjedanja bregov v vodotokih (Horvat 1989).

5.2.2.3 Vpliv gospodarjenja z gozdovi na zemeljske plazove

5.2.2.3 *The impact of forest managing on landslides*

Blagodejni učinki gozda so v največji meri odvisni tudi od njegovega stanja in

ravnanja z njim. Ni pomembna le njegova površinska razprostranjenost v območju, temveč predvsem in zlasti način gospodarjenja z njim. Pomembni so naravna zgradba gozdnih združb, mešanost sestojev, stabilna struktura brez labilnih monokultur. Absolutno prednost imajo gozdovi globokim koreninskim sistemom, z večjim številom drevja, kvalitetne, pravilno oblikovane rasti in lahkih struktur. Varovalni učinki naraščajo s površinsko kompleksnostjo gozda in z "zaprtostjo" njegovih robov, zmanjšujejo pa se s površinsko razdrobljenostjo gozda ter dolžino in "odprtostjo" gozdnih robov (Čampa 1994). Nedvomno imajo najboljši učinek na hidrološko funkcijo in vezavo tal prebiralni gozdovi, nekoliko slabši so stari, prereditveni sestoji brez podrastu. Najslabše pa delujejo enodobni, čisti smrekovi sestoji.

Na manj stabilnih tleh, na pobočnih gruščih ali andezitni podlagi in ob večjih naklonih zemljišč so ustrezna gozdnatost in njena prostorska razporejenost ter raba gozdnega prostora in njena ekološka uravnoveženost velikega pomena za preprečevanje usadov in zemeljskih plazov.

5.2.2.4 Gozdne združbe na območju, ogroženem zaradi zemeljskih plazov

5.2.2.4 Forest communities in the area jeopardized by landslides

Na ogroženih površinah se najpogosteje pojavlja združba *Gallio rotundifolii-Abietetum*. Poleg nje so močnejše zastopane še *Bazzanio-Abietetum*, *Luzulo-Abieti-Fagetum praealpinum*, *Deschampsio flexuosae-Piceetum* ter *Luzulo-Fagetum montanum praealpinum*. Na manjših odsekih so prisotne še *Abieti-Fagetum praealpinum*, *Aceri-Fraxinetum illyricum* ter *Quercu-Luzulo-Fagetum*. Na pobočnih gruščih, ki so nastali iz karbonatnih kamnin, se pojavljajo še združbe *Ostryo-Fagetum*, *Adenostylo-Piceetum*, *Pinetum austroalpinum* in *Rhododhamno-Rhodoretum*.

Na večini ogroženih površin rastejo zdaj smrekove monokulture, ki so na tem mestu neprimerne in včasih celo škodljive.

5.2.2.5 Koširjeva metodologija vrednotenja gozdov po varovalnem pomenu

5.2.2.5 The Košir's methodology of forest evaluation by protection significance

Metoda temelji na načelu, da ima vsak dejavnik, ki se vključuje v ekološki kompleks gozdne združbe, pri gospodarskem (mišljeno je gospodarjenje v širšem smislu) vrednotenju gozdnega prostora za potrebe človeške družbe neko vrednost, ki je s tega vidika optimalna. Z ekstremnimi vrednostmi raznih dejavnikov pa nastajajo omejitve za vsestransko uporabo gozdnega prostora v gospodarske namene.

V vrednotenju gozdov po varovalnem pomenu so vključene vse gozdne združbe, ki so kartografsko prikazane na fitocenološki karti Slovenije v merilu 1 : 100 000. Kartografske enote predstavljajo praviloma le gozdne združbe na ravni temeljne sistematske enote – asociacije. Vsebinska dejavnikov za vrednotenje gozdnega prostora po varovalnem pomenu je bila izbrana tako, da je iz njih razviden odgovor, v kakšni meri in v čem se izraža neposredna varovalna vloga posameznih oblik gozdno-vegetacijskih formacij. Splošno koristne funkcije gozdov, kolikor izhajajo iz njihove varovalne vloge, so odraz skupnega učinkovanja gozdnih združb in pridejo do izraza le, če je gozdnatost še dovolj velika in če prostorska razporeditev gozda ter njegove lastnosti še zagotavljajo uravnoveženost v okolju in jo trajno tudi ohranjajo.

Gozdni prostor in lastnosti gozdnih združb so ponazorjeni in vrednoteni z vzajemno delujočimi dejavniki, in sicer:

- geološko-petrografskega kompleksa,
- kompleksa orografskih dejavnikov,
- kompleksa klimatskih elementov in pojavov,
- talne razmere gozdnih združb,
- lastnosti vegetacijske odeje.

Navedeni dejavniki so navezani na isto primerjalno osnovo z relativno skalo, v kateri velja najnižja vrednost za optimalne in najvišja za ekstremne (bodisi minimalne ali maksimalne) razmere. Skala je petstopenjska, koeficienti pa so izbrani po integralni obliki normirano normalne funkcije.

V skladu z opisano metodologijo so v obliki tabelarnega pregleda nanizane gozd-

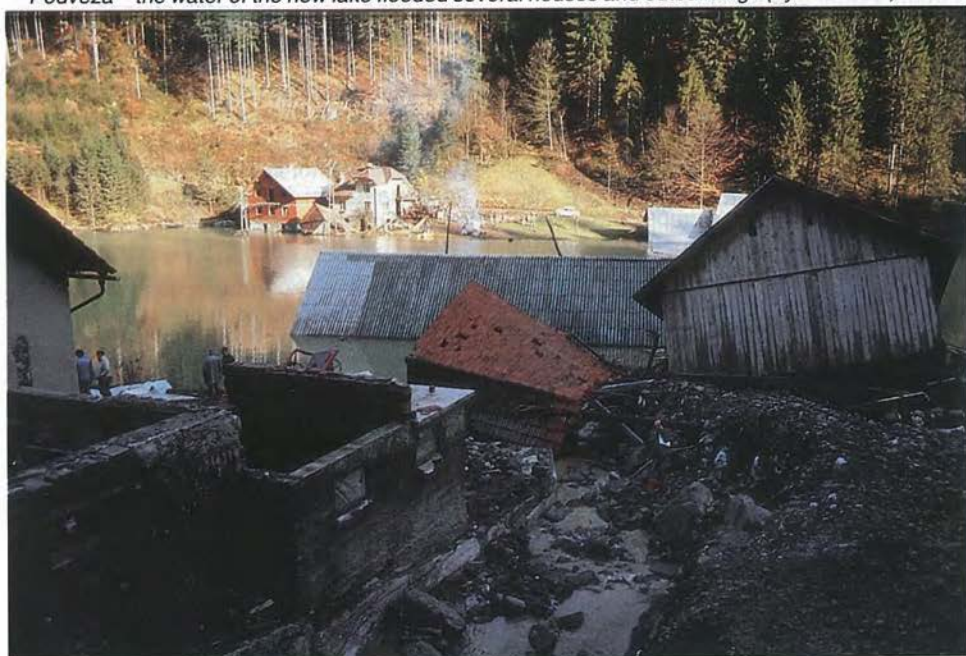


Vzrok zemeljskemu plazu pod Grobelskim vrhom je bilo spodjedanje brežine, ki ga je povzročila Lučnica (foto: Rok Ferme)

The cause of the landslide under the Grobelski Vrh was the wash away of the river bank, caused by the Lučnica River (by Rok Ferme)

Podveža – v nastalem jezeru je bilo potopljenih več stanovanjskih in gospodarskih poslopij (Foto A. Horvat)

Podveža – the water of the new lake flooded several houses and outbuildings (by A. Horvat)





Zemeljski plaz, sprožen leta 1990 na območju Lučnice blizu domačije Kladnik (foto: Rok Ferme)
Landslide which went off in 1990 in the Lučnica area (by Rok Ferme)

Dela na odkopavanju in izravnavanju površine plazne gmote (Foto A. Horvat)
Excavation and levelling work on the area of landslide material (by A. Horvat)



ne združbe z ocenjeno stopnjo izraženosti posameznih komponent okolja, v katerem rastejo. Gozdne združbe so glede na seštevek točk razporejene po ekstremnosti rastišča, v katerem uspevajo, kjer pomeni višji seštevek ekstremnejše rastišče ne glede na vsebino take ekstremnosti. Vsebine ekstremnosti pa so ponazorjene z grafičnim prikazom. Gozdne združbe so razporejene še v kategorije po varovalni funkciji, ki jo opravljajo neposredno na rastišču oz. posredno v širši pokrajini.

5.2.3 Primerjava vegetacijske analize ogroženih območij z rezultati Koširjeve metodologije

5.2.3 A comparison of vegetation analysis of jeopardized areas with the results of the Košir's methodology

Ob primerjavi vegetacijske analize ogroženih območij zaradi zemeljskih plazov z rezultati Koširjeve metodologije vrednotenja gozdov po varovalnem pomenu, dobimo presenetljivo podobne rezultate. Najpogostejših pet gozdnih združb, ki se pojavljajo na z zemeljskimi plazovi ogroženih površinah, sovпада s peto kategorijo gozdov po varovalnem pomenu. V tej je zapisano: "V peto kategorijo uvrščamo gozdne združbe, ki poraščajo rastišča v dokaj ugodnih orografskih razmerah; tudi tla so razmeroma globoka. Vendar je talni kompleks zelo labilen, zato sta njegova rodovitnost in odpornost proti eroziji tesno povezani s fiziološko aktivnostjo celotnega talnega profila, ki jo je mogoče trajno ohranjati predvsem le z gozdno odejo. Sem uvrščamo gozdne združbe, ki rastejo na tleh, nastalih iz silikatnih kamnin." Na koncu še zapiše: "Po varovalnih funkcijah, ki jih opravljajo, poimenujemo peto kategorijo gozdovi na labilnih tleh" (Košir 1976).

Združbi *Ostrya-Fagetum* in *Adenostylo-Piceetum*, ki se pojavljata na pobočnih gruščih, sovpadata z drugo kategorijo gozdov, za katero pravi: "V drugo kategorijo spadajo gozdne združbe, katerih gospodarski pomen (v širšem smislu tega pojava) je sicer lesnoproizvodni, vendar se ta mora podrežati varovalnemu pomenu teh gozdov. Varovalna vloga teh gozdnih združb je v preprečevanju razvoja spirav-

cev, plazin, usadov ali podorov kamenitega koluvijskega." To kategorijo poimenuje gozdovi z vsestransko poudarjenim varovalnim značajem (Košir 1976).

Preostali dve združbi na pobočnih gruščih, *Rhododendro-Rhododendro* in *Pinetum austroalpinum laricetosum*, pa sovpadata s prvo kategorijo gozdov, to so trajno varovalni gozdovi.

5.3 Aplikacija vplivov na proženje zemeljskih plazov v letu 1990 v dolini Lučnice

5.3 The application of the influences on landslides in 1990 in the Lučnica Valley

Posebnost naravne ujme 1. novembra 1990 je bilo proženje številnih zemeljskih plazov v dolini Lučnice. Evidentiranih je bilo 27 plazov, med njimi več velikih, ki so prizadeli 2,6 ha travnikov in 7,6 ha gozdov (Kladnik 1991). To ne zanika velikega varovalnega pomena gozda, ampak kaže na dolgotrajnejše dogajanje, ki je sestavni del preoblikovanja površja v tej krajini.

Največji plaz na gozdni površini se je sprožil nad Tratičnikovo domačijo (podrobno opisan v nadaljevanju). Drugi večji plazovi na gozdnih površinah so splazeli na naslednjih lokacijah: pri domačiji Rep, v obrtni coni, pod Grobelskim vrhom, nad domačijo Petek, pod Dovnikovim vrhom, pod Golbovcem, pri domačiji Obcir in nad domačijo Selišnik. Drugi večji plazovi pa so nastali na negozdnih, travnatih površinah, in sicer: pri domačiji Fitež (dva, ki sta vzročno povezana), blizu domačije Kladnik dva, nad Markovno Rovno in JZ od domačije Vršole.

Gledano s fitocenološkega vidika so splazele površine na rastiščih združb *Galio rotundifolii-Abietetum*, *Ostrya-Fagetum*, *Bazzania-Abietetum* in *Abieti-Fagetum praealpinum*. Na teh površinah se zdaj razprostirajo smrekove monokulture oz. travnate površine. Veliko plazov, med njimi tudi največji, je nastalo na andezitnih tufih, mnogi pa na lapornati podlagi in pobočnih gruščih.

Če mesta, na katerih so se sprožili večji zemeljski plazovi, primerjamo z analizo geološke podlage z nagibi površin, vidimo,

da zelo dobro sovpadajo s površinami, ki smo jih izločili kot ogrožena območja. Pri primerjavi teh mest z vegetacijsko analizo oz. s Koširjevo metodologijo vrednotenja gozdov po varovalnem pomenu, ugotovimo, da so večinoma na rastiščih združb, ki sovpadajo z drugo in peto kategorijo gozdov (gozdovi z vsestransko poudarjenim varovalnim značajem in gozdovi na labilnih tleh). Dva zemeljska plazova pa sta se sprožila na rastišču združbe *Abieti-Fagetum praealpinum*, ki ne spada med ogrožena rastišča (po Koširju), ampak sovpada s četrto kategorijo gozdov (gozdovi interferenčnih klimato), ki spadajo med naše najpomembnejše lesnoproizvodne gozdove. Vendar moramo omeniti, da je na mestu, kjer sta se sprožila, danes travnik.

Pri številnih manjših plazovih in usadih, ki so se utrgali na obdelovalnih površinah, travnikih, pašnikih in tudi v gozdovih, ne moremo zanikati vpliva človeka na labilno ravnovesje v preperinski odeji, ravnovesje je omajalo krčenje gozda, nepravilno gošpodarjenje ter gradnja poljskih poti in gozdnih cest. V primerjavi z manjšimi plazovi in usadi pa so se večji sprožili brez bistvenega sodelovanja človeka.

5.3.1 Primer velikega plazu v Podveži v dolini Podvolovljek

5.3.1 The example of the big landslide in Podveža in the Podvolovljek Valley

Velik plaz, ki se je utrgal 1. novembra 1990 ob 22. uri nad levim bregom Lučnice, neposredno za domačijo Tratičnik, je slednjo porušil do tal, zaprl pa je tudi odtok Lučnici. Za njim je v nekaj urah nastalo jezero z okrog 10 milijoni m³ vode (Natek 1991-b).

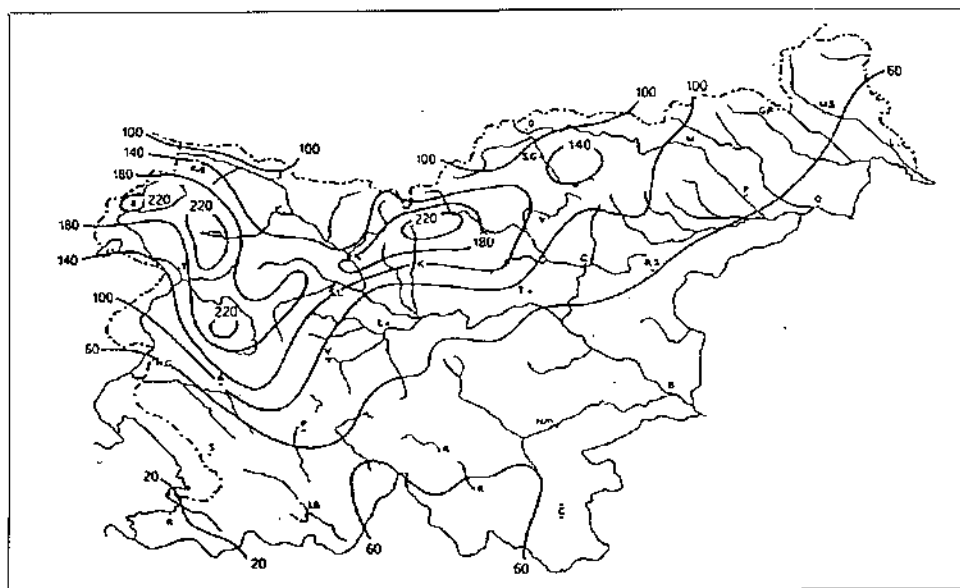
Podrobna analiza padavin, ki so jo naredili hidrometeorologi in sinoptiki, je pokazala, da je bil oktober, od devetega naprej, nadpovprečno deževen, da so se padavine stopnjevale od 26. do 31. 10. in dosegle višek v noči na 1. 11. in podnevi istega dne. Padavine so bile obilne, posebno intenzivne pa 1. 11. ob prehodu hladne fronte, povzročiteljice nastanka nevihtnih oblakov in nanje vezanih močnih nališov. Padavinska karta 48-urne maksimalne količine

padavin (220 mm) kaže eno od treh tovrstnih jeder tudi na območju Luč, skoraj celotna Zgornja Savinjska dolina pa je bila v območju izohiet 160-220 mm (Meze 1991-b). Zaradi tolikšnega in tako dolgotrajnega deževja je bila zadrževalna sposobnost tal izčrpana že do nastopa viška padavin 31. 10. in 1. 11., zato je na tem območju odtočni koeficient dosegel vrednosti do 0,9 (Horvat 1991).

Povod za sprožitev plazu torej ni bilo spodjedanje pobočja v strugi Lučnice, ampak veliki vzgonski in strujni pritiski zaradi kopičenja padavinske vode v nesprizetem materialu in spodaj ležečih razpokanih plasteh andezitnega tufa.

Podrobna preučitev plazu je pokazala, da je bila drsna ploskev pod odlomnim robom v centralnem in jugovzhodnem delu plazu formirana v smeri upada plasti skalnih mas. Smer upada je bila približno proti severozahodu. Drsna ploskev v najvišjem – severnem delu plazu pa je potekala pretežno po pobočnih glinastih in skalnih preperinah. Generalna smer drsenja ni bila pravokotna na Lučnico, ampak poševna od severa proti jugu, razgaljeni skalni skladi v centralnem in jugovzhodnem delu odlomnega roba so predstavljali levi bok (gledano navzdol) konkavno zakrivljene drsne ploskve. Možno je sklepati, da je bil neposredno nad nivojem Lučnice približno v črti D-D (glej shemo št. 3) viden del drsne ploskve, vendar zelo neizrazito. Nad domnevno drsno ploskvijo so bili do višine približno 12 m zdrobljeni skalni masivi, ki so bili na zgornjem delu pobočja pokriti s približno 3 m debelim slojem glinasto meljaste preperine. Takšen sestav tal je bilo opaziti v smeri nizvodno vse do presečišča s črto C-C, od tod dalje nizvodno v dolžini približno 40 m pa so bili skalni masivi narinjeni na naplavinke sloje. V spodnjem, nizvodnem delu pobočja so bili na naplavinke sloje narinjeni glinasto meljasti krovni sloji. Od presečišča s črto D-D vzvodno pa verjetno prvotno levo pobočje doline ni bilo premaknjeno, ampak ga je plazina le prekrila in zasula v debelini približno 10 m (FAGG 1991).

Shema 2: 48-urne količine padavin, izmerjene 1. in 2. novembra 1990 ob 7. uri (Pristov 1991)
Scheme 2: A 48-hour-precipitation quantity, taken on the November 1st and 2nd 1990 at 7 a.m. (Pristov 1991)



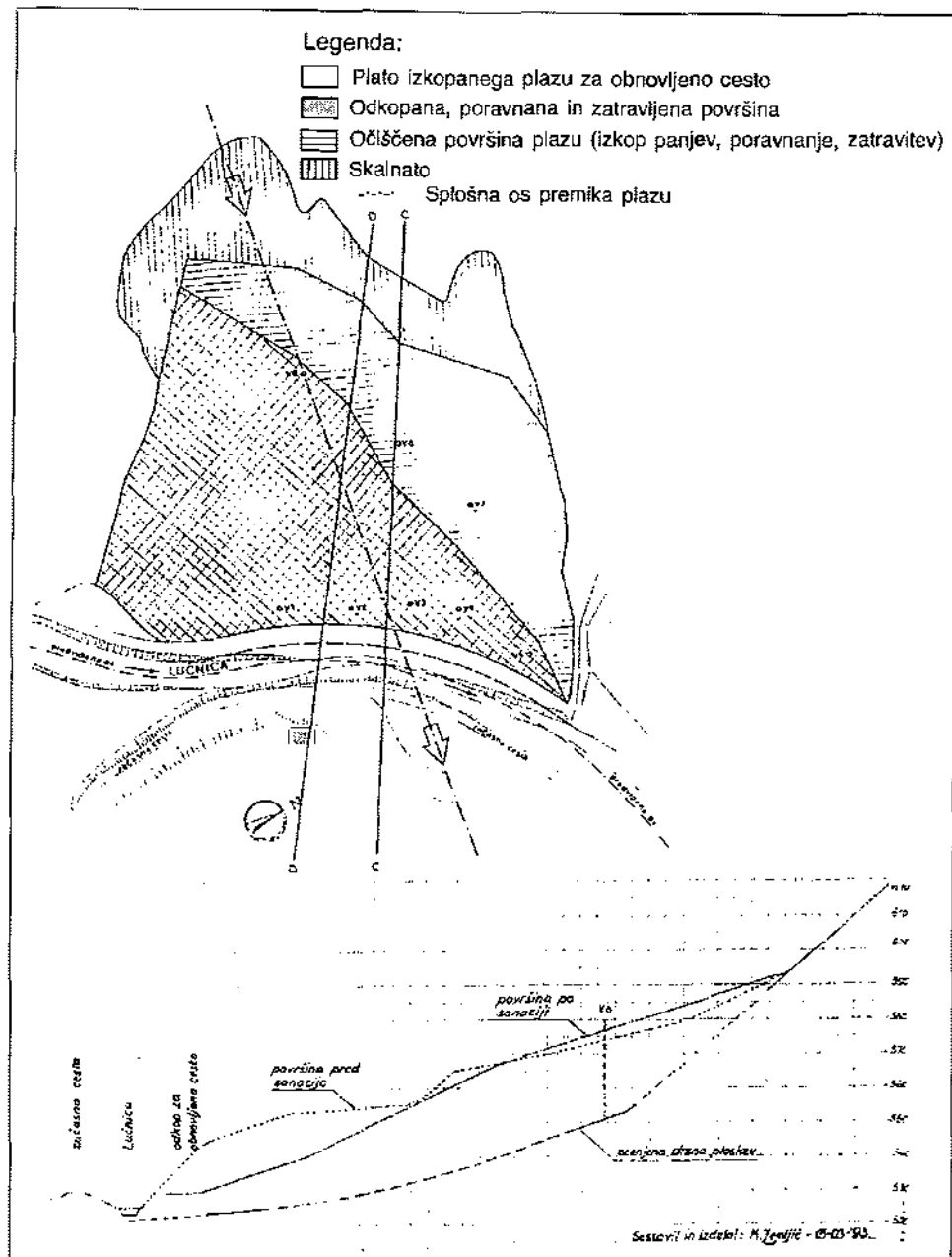
Podveža – zasilno cesto za povezavo Podvolovljeka z Lučami so morali speljati po desnem bregu – pogled proti vodi, zadaj porušena Tratičnikova domačija na plazu (Foto A. Horvat)

Podveža – a temporary road to link Podvolovljek with Luče had to be laid on the right bank – a view towards the river, with the destroyed Tratičnik's farm on the landslide (by A. Horvat)



Shema št. 3: Tratičnikov plaz v Podvolovljeku – prerez skozi vrtino V8 po osi splošne smeri njegovega premika – stanje po sanaciji plazu, pred ureditvijo Lučnice in obnovo ceste (Horvat 1994)

Scheme 3: The Tratičnik landslide in Podvolovljek – a section through the V8 borehole along the axis of its general movement's direction – the restored situation after the landslide, before the regulation of the Lučnica River and road reconstruction (Horvat 1994)





Izkopavanje prekopa ni bilo brez nevarnosti – leva brežina, sestavljena iz nad 10 m debelih plasti razrahljane plazovine, se je nenehno udirala in drsela navzdol (Foto A. Horvat)

The excavation of the canal was an risky job – the left riverbank, composed of over 10-m-thick layers of loosened slip land, was constantly sliding downwards (by A. Horvat)

Razbremenjeno in izravnano pobočje po uspeli protierozijski ozelenitvi (Foto A. Horvat)

The relieved and levelled slope after a successful antierosion afforestation (by A. Horvat)



6 UGOTOVITVE

6 CONCLUSIONS

Glavni povzročitelji številnih zemeljskih plazov so naravni dejavniki. Prispevek človeka je posreden, a glede na razsežnosti manjši.

Kamninska sestava z nagibi površin dobro nakazuje verjetno ogroženost območij zaradi zemeljskih plazov. Problematični so predvsem andezitni tufi, ki so, če jih ne prekriva vegetacija, podvrženi močnemu mehničnemu razpadanju. Labilne površine so predvsem tam, kjer je preperina, kompaktna kamnina je v glavnem stabilna. Podobno velja še za diabazne in keratofirske tufe oz. tufite, glinaste skrilavce, nizkometamorfne zelene skrilavce z vložki tufa in tufita ter pobočne gruše. Problematične so še površine, kjer so morene in preperine laporja. Pri morenah in lapornatih preperinah veljajo za možno ogrožena območja tista, katerih nagibi površin se gibljejo med 25 in 40 stopinjami (pri morenah) oz. med 15 in 30 stopinjami (pri laporjih). Kot notranjega trenja je za andezitne tufe in njim sorodne kamnine ter pobočne gruše $22,7^\circ$ (moke zemljine) oz. 35° (suhe zemljine), kar pomeni, da spadajo površine z nagibi med 23 in 40 stopinjami med labilne do pogojno stabilne. Za pobočne gruše se ti nagibi gibljejo med 29 in 40 stopinjami. Nižje vrednosti nagibov površin veljajo za mokre zemljine, pri čemer igra pomembno vlogo režim talnih vod. Glede na ta dejstva smo določili možno ogrožena območja zaradi zemeljskih plazov, ki se razprostirajo na $7,88 \text{ km}^2$ površine oz. na 13,7 % površine celotnega območja Lučnice.

Naravna gozdna vegetacija ugodno vpliva na vodni režim v tleh, poleg tega dobro varuje tla pred manjšimi zemeljskimi plazovi in usadi, ne more pa preprečiti večjih plazov. Pri tem je zelo pomemben tudi način gospodarjenja z gozdovi. Najboljše tovrstne učinke dosega prebiralni gozd, najslabše pa enodoben, čisti smrekov gozd.

Najpogostejše zastopana gozdna združba na ogroženih območjih je *Gallo rotundifolii-Abietetum*. Uvrščamo jo v peto kategorijo, v tako imenovane gozdove na labilnih tleh (po Koširjevi metodologiji). V to kategorijo

spadajo še druge, močnejše zastopane združbe na tem območju, in sicer: *Bazzanio-Abietetum*, *Luzulo-Abieti-Fagetum praealpinum*, *Deschampsio flexuosae-Piceetum* ter *Luzulo-Fagetum montanum praealpinum*. Poleg teh gozdnih združb sta močnejše zastopani še združbi *Ostryo-Fagetum* in *Adenostylo-Piceetum*, ki spadata v gozdove z vsestransko poudarjenim varovalnim značajem (druga kategorija) in združbi *Pinetum austroalpinum* *laricetosum* ter *Rhodothamnno-Rhodoretum*, ki spadata med trajno varovalne gozdove (prva kategorija). Rezultati te analize so skladni navedbam Koširjeve metodologije vrednotenja gozdov po varovalnem pomenu.

Večji zemeljski plazovi, ki so se sprožili novembra 1990, so nastali na mestih, ki smo jih izločili kot ogrožena območja zaradi zemeljskih plazov. Dobro se ujema tudi z vegetacijsko analizo oz. s kategorijami gozdov, ki imajo varovalni predznak. Obe analizi nam dajeta odgovor na vprašanje, kje so ogrožene površine zaradi zemeljskih plazov, vendar je bolj točna in natančna analiza nagibov z geološko podlago.

Drobni posegi, npr. kmetijska raba razmeroma strmih pobočij, smotrna gradnja vlak in gozdnih cest, le neznatno prispevajo k okreelitvi možnosti proženja večjih zemeljskih plazov, vendar je to lahko "kapljica" čez rob. Zato je pazljivost pri gospodarjenju z gozdovi oz. s krajino nujna, in to zlasti pri:

- odločanju o ustrezni gozdnatosti in njeni prostorski razporejenosti ter rabi gozdnega prostora in njuni ekološki uravnoteženosti,
- odločanju o zgradbi, strukturi in mešanosti gozdnih združb,
- načrtovanju in gradnji poti, vlak in gozdnih cest,
- preprečevanju koncentracije površinskega odtoka.

Skratka, potrebna je skrbna "nega" krajine in močnejši nadzor nad vsakršnim posegom v potencialno ogrožena območja. Pri poseganju v prostor je zelo pomembno, da na potencialno ogroženih območjih ne porušimo krhkega naravnega ravnotežja.

Povzetek

Območje Lučnice leži v zahodnem delu gozdno-gospodarskega območja Nazarje. Zanj je značilna

klima predalpskega sveta, z okoli 1600 mm padavin na leto in srednjo letno temperaturo okoli 5–9 °C. V tem delu so poglavne kamnine apnenici, dolomiti in andezitni tufi, poleg njih pa so v plasteh karbonatnih kamnin še slabo razviti skrilavci in oligocenske plasti peščenjakov, glin, skrilavcev in laporjev. Med temi kamninami so fragmentarno zastopane še druge prakamnine in eruptive. Oblikovitost površja, dana z razporeditvijo in orientacijo nagibov površin, kaže zelo razgiban relief. Naravna vegetacija je gozd. Prevladujejo jelove, jelovo-bukove in bukove združbe. Zaradi novinarjenja in fraknega gospodarjenja je prvotna vegetacija zelo spremenjena, večinoma v obliki smrekovih monokultur. Za uspešno ugotavljanje ogroženosti tega območja zaradi zemeljskih plazov je podrobnejše poznavanje teh naravnih dejavnikov izredno pomembno.

Plazna erozija se pojavlja kot zdrsi, usadi, podori in plazovi. Za nastanek le-teh pa so potrebne določena nagnjenost tal ter slaba povezanost kamninske osnove ali sekundarna razpokanost. Najpomembnejši vzroki za sprožitve zemeljskega plazov so prekomerna navlaženost zemljin, pregrupacije hribovskih mas ter potresi. Pomemben faktor pri plazovih je hitrost plazanja, ki jo razdelimo na štiri faze. Najprej se pojavi polzenje, nato predplazenje in faza zloma, na koncu pa faza stabilizacije.

Labilna oziroma pogojno stabilna zemljišča so predvsem na preperinah andezitnih tufov in njim sorodnih kamninah. To so keratofirski in diabazni tufi in tufiti, glinasti skrilavci, nizkometamorni zeleni skrilavci z vložki tufa oz. tufita ter pobočni grušč. Poleg tega imamo labilne površine še na lapornatih preperinah in morenah. Za te hribine je bil določen stržni kot mokre zemljine in povprečni stržni kot suhe zemljine. Ob pomoči teh dveh kotov so se določile vrednosti naklonov, ki jih imajo ogrožene površine. Ti nakloni se gibljejo med 29 in 40 stopinjami za pobočne grušče, med 25 in 40 stopinjami za morene, med 15 in 30 stopinjami za lapornate preperine ter med 23 in 40 stopinjami za preperine andezitnih tufov in njim sorodnih kamnin.

Gozdna vegetacija, zlasti če je blizu prvotne sestave, ugodno vpliva na preprečitev manjših plazov in usadov. Predvsem se ta učinek izraža v hidrološki funkciji gozdov in v vezavi ter varovanju tal pred škodljivimi zunanjimi vplivi. Ti blagodejni učinki so odvisni še od načina gospodarjenja z gozdovi. Večjih zemeljskih plazov gozd ne more preprečiti.

Gozdna združba, ki se najpogosteje pojavlja na ogroženih področjih, je *Gallio rotundifolii-Abietetum*, dejansko pa so na teh rastiščih čisti smrekovi sestoji. Primerjava s Koširjevo metodologijo vrednotenja gozdov po varovalnem pomenu kaže veliko stopnjo skladnosti rezultatov.

Apliciranje izsledkov te raziskave na leto 1990 pokaže, da so se številni zemeljski plazovi utrjali prav na mestih, ki so izločena kot ogrožena območja zaradi plazov. To dejstvo potrjuje tudi največji plaz, ki se je sprožil 1. novembra v Podveži v

dolini Podvolovjek in zajezil Lučnico ter povzročil nastanek do 20 m globokega zajezičenega jezera.

S posledicami zemeljskih plazov se moramo nehoti sprijazniti, vendar jih lahko izkoristimo za poduk, kako se v prihodnosti prilagoditi oziroma zavarovati pred podobnimi pojavi, kajti prisiljeni smo živeti z njimi.

AN ANALYSIS OF LANDSLIDE POSSIBILITY

Summary

The Lučnica watershed is situated in the western part of the Nazarje forest management region. Its characteristics are pre-alpine climate with 1600 mm of rain per year and a mean annual temperature around 5–9 °C. The major rock in this region is limestone, dolomites and andesite tuffs. Besides these, there are also poorly developed shales and Oligocene layers of sandstone, clay, shells and marl. Among this rock there are also fragments of other basic types of rock and eruptive rock. The shape of the surface, determined by the arrangement and orientation of the inclination of the surfaces, shows a diverse relief. The natural vegetation is forest. Fir, Fir-Beech and Beech associations are prevailing. Due to the cleaning system, the original association has primarily changed, into spruce monocultures. Profound knowledge of the relevant natural factors is very important for the successful establishing of the threat to this region caused by landslides.

Landslide erosion appears as landslips, slumps, rockfalls and slides. For the formation thereof, a precondition is certain inclination of the ground and weak binding of rock base or secondary cracks. The most important causes for landslides are overmoisturized ground, regrouping types of rocks and earthquakes. An important factor regarding landslides is the speed of slumping, which is divided into four phases. First there is slumping, followed by pre-slumping and the phase of breakage, resulting into the phase of stabilization.

Unstable lands and conditional stable lands are mostly on the debris of andesite tuffs and on cognate rock. Besides those we also have unstable surfaces on the debris of marls and moraines. The angle of internal friction of wet soil and the average angle of internal friction of dry soil have been determined for this hilly ground. By means of these two angles the values of slopes with jeopardized surfaces have been established. These slopes are among 29 and 40 degrees for lateral gravels, among 25 and 40 degrees for moraines, among 15 and 30 degrees for the debris of marls and among 23 and 40 degrees for the debris of andesite tuffs and for similar rock.

Forest vegetation has a positive impact regarding the preventing of landslides, especially if it is similar to its original structure. This effect is especially expressed in the hydrologic function of forests and in the binding of the ground and protecting thereof from destructive external influences. These positive effects also depend on the way of

forest managing. Bigger landslides cannot be stopped by forests.

The forest plant association which is the most common on jeopardized areas is *Galio rotundifolii-Abietetum*. In fact, there are pure spruce formations on these natural sites. A comparison with the Košir's methodology of the forest evaluation according to their protective role evidences a high identical results.

The application of the results of this research to the year 1990 shows that a lot of landslides appeared exactly on the areas which had been pointed out as being jeopardized by landslides. This also goes for the biggest landslide that went off on November 1st in Podveža in the Podvolovjek Valley and has dammed up Lučnica, which has resulted in the origin of a 20 m deep lake.

It is best to take the consequences of landslides. They can, however, represent a lesson how to act in the future to secure protection against similar phenomena.

LITERATURA

1. Breznik, M., 1991. Analiza ujme 1990, kritika, naloge. – Ujma 5, s. 121-123.
2. Čampa, L., 1977. Gozdne družbe Gozdno-gospodarskega območja Nazarje. – Ljubljana, Biro za gozdarsko načrtovanje, 50 s.
3. Čampa, L., 1994. Varovalne funkcije gozdov na plazovitih območjih. – Prvo Slovensko posvetovanje o zemeljskih plazovih – Zbornik s. 55-63, Idrija 17. in 18. novembra 1994.
4. Golob, S., 1994. Preprečevanje zemeljskih plazov v gozdnem prostoru. – Prvo Slovensko posvetovanje o zemeljskih plazovih – Zbornik s. 67-73, Idrija 17. in 18. novembra 1994.
5. Grimšičar, A., 1984. Zemeljski plazovi v Sloveniji: I. zgodovina. – Ujma 2, s. 63-69.
6. Horvat, A., 1989/90. Urejanje hudourniških območij – predavanja. – Ljubljana, Biotehniška fakulteta, oddelek za gozdarstvo, zapiski, polkopi-rane risbe, preglednice, obrazci, grati.
7. Horvat, A., 1991. Hudourniki – ujma 1990. – Strokovno posvetovanje – Gozd in ravnovesje naravnih sistemov, Nazarje 19. aprila 1991.
8. Horvat, A., 1994. Sanacija Tratičnikovega plazu v Podvolovjeku. – Prvo Slovensko posvetovanje o zemeljskih plazovih – Zbornik s. 265-272, Idrija 17. in 18. novembra 1994.
9. Kladnik, D., 1991. Ujma 1990 v Podvolovjeku. – Ujma 5, s. 51-53.
10. Košir, Ž., 1976. Zasnova uporabe prostora. – Ljubljana, Zavod Republike Slovenije za družbeno planiranje in IGLG pri Biotehniški fakulteti, 145 s.
11. Meze, D., 1991-a. Poplavna ujma in naravne danosti. – Strokovno posvetovanje – Gozd in ravnovesje naravnih sistemov, Nazarje 19. aprila 1991.
12. Meze, D., 1991-b. Ujma 1990 v Gornje Savinjski dolini, med Lučami in Mozirsko kotlinico. – Ujma 5, s. 39-50.
13. Natek, K., 1991-a. Naravni sistem geomorfnih procesov in človek v Gornje Savinjski dolini. – Strokovno posvetovanje – Gozd in ravnovesje naravnih sistemov, Nazarje 19. aprila 1991.
14. Natek, K., 1991-b. Plazovi v Gornje Savinjski dolini. – Ujma 5, s. 62-65.
15. Pintar, J., ZEMLJIČ, M., 1982. Začasne smernice za urejanje povirij voda. – Ljubljana, VGI, 14 s.
16. Pintar, J., 1987. Povirja voda – Erozijski pojavi, njihovo ugotavljanje in vrednotenje. – Ljubljana, VGI in Fakulteta za arhitekturo, gradbeništvo in geodezijo – Hidrotehniška smer, 66 s.
17. Nonveiller, E., 1979. Mehanika tla i temeljenje građevina. – Zagreb, Školska knjiga Zagreb, 780 s.
18. Pristov, J., 1991. Razpored padavin in njihov vpliv na poplave. – Ujma 5 s. 10-25.
19. Ribičič, M., VIDRIH, R., 1994. Vpliv potresov na nastanek plazov v gozdnem prostoru. – Prvo Slovensko posvetovanje o zemeljskih plazovih – Zbornik s. 33-46, Idrija 17. in 18. novembra 1994.
20. Seliškar, A., ZUPANČIČ, M., 1991. Biološko-ekološki pogled na pomen gozdov. – Strokovno posvetovanje – Gozd in ravnovesje naravnih sistemov, Nazarje 19. aprila 1991.
21. Šiljar, A., 1991. Dolina Lučnice – obnovitev in ohranitev kulturne krajine. – Strokovno posvetovanje – Gozd in ravnovesje naravnih sistemov, Nazarje 19. aprila 1991.
22. Walker, J., 1993. Nprave nesreče – Snežni in zemeljski plazovi. – Ljubljana, DZS, 32 s.
23. Žnidarčič, M., 1982. Geološke karte M 1 : 10 000 in Poročilo h geološkim kartam GGO Nazarje. – Gozdno gospodarstvo Nazarje.
24. ..., 1963. Gozdnogojitveni elaborat za GGO Nazarje. Ljubljana, Inštitut za biologijo, SAZU.
25. ..., 1974. Vegetacijske karte za SLP I. Ljubno in Luče M : 10 000.
26. ..., 1986. Vegetacijske karte GE Luče – zasebni gozdovi M : 10 000, SAZU.
27. ..., 1986. Gozdnogospodarski načrt za GGE Luče – zasebni gozdovi 1986-1995. – Gozdno gospodarstvo Nazarje.
28. ..., 1990. Gozdnogospodarski načrt za GGO Nazarje za obdobje 1991-2000. – Gozdno gospodarstvo Nazarje.
29. ..., 1991. Strokovno mnenje o možnosti ureditve struge Lučnice pod plazom Podveža v Podvolovjeku. – Ljubljana, Fakulteta za arhitekturo, gradbeništvo in geodezijo – Katedra za mehaniko tal z laboratorijem, 8 s.
30. ..., 1988. Klimatografija Slovenije – Temperatura zraka 1951-1980. – Ljubljana, Hidrometeorološki zavod Slovenije, 331 s.
31. ..., 1989. Klimatografija Slovenije – Padavine 1951-1980. – Ljubljana, Hidrometeorološki zavod Slovenije, 393 s.
32. ..., 1994. Hidrometeorološki zavod Slovenije – arhivirani meteorološki podatki za obdobje 1981-1990. – Ljubljana.