

Igor ŠPACAPAN  
Gradbeni inštitut ZRMK d.o.o. Ljubljana

## INŽENIRSKA GEOLOGIJA MED ŽELJAMI IN ZMOŽNOSTMI PRI NAČRTOVANJU PROMETNIC

**POVZETEK:** Članek povzema pregled dejavnosti inženirske geologije v sklopu projektiranja prometnic. Pri tem so obravnavana zgolj dela, ki zadovoljijo zahteve in želje projektanta pri načrtovanju avtocest, in to predvsem njihovega odprtega dela. Z ozirom na obseg inženirsko geoloških del, ki so bila v minulem času usmerjena predvsem na potrebe načrtovanja prometnic v Severovzhodnem delu Slovenije, je dan poudarek na pregledu projektnih dogajanj, prikazu morfoloških, geoloških in inženirsko geoloških razmer vzdolž avtoceste A1 med Mariborom in Trojanami ter avtoceste A5 med Mariborom in Pincami (meja z Madžarsko).

Obravnavani prostor je morfološko izrazito razgiban ter razčlenjen in gričevnat v širšem prostoru Trojan, v ozkem pasu med Slovenskimi Konjicami in Dramljami ter v zaledju Maribora, nižje in morfološko blažje oblike so prisotne na predelu med Framom in Vranskim ter vzhodno od Maribora do sestopa trase avtoceste v ravnine Prekmurja. Različno oblikovano gričevje je razrezano z lokalnimi vodotoki, posamezne strukture so široko prekinjene z dolinami regionalnih rek. Morfologija prostora je v direktni povezavi z geološko zgradbo in stanjem prisotnih kamnin/zemljin. Zelo položne in položne terenske oblike so navadno inženirsko geološko najbolj zahtevne. Splet geološke zgradbe, tektonske prizadetosti in predhodnih posegov v prostor vodi k pretežno zahtevnim inženirsko geološkim razmeram na praktično celotnem potezu navedenih avtocestnih odsekov. Inženirsko geološko neproblematična so le prečkanja širokih dolin večjih rek in Prekmurja.

Načrtovanje in gradnja prometnic v obravnavanem prostoru poteka praktično od leta 1970 dalje, ko so projektirani in inženirsko geološko obravnavani AC odseki med Hočami in Levcem, do današnjih dni, ko še ni zaključeno projektiranje avtoceste Draženci-Gruškovje. Vzporedno z načrtovanjem posameznih odsekov so se v različnih obsegih odvijale tudi inženirsko geološke študije terena, ki projektantu podajo mejne vrednosti vklapljanja trase v dani prostor in ukrepe za varno izvedbo.

Inženirsko geološka dela so vpeta med željami investitorja, projektanta in izdelovalca geološke študije. Obseg del je odvisen od prostorskih razmer, stanja prisotnih geoloških členov, zasnovane trase in predvsem programa raziskav, ki ga je investitor pripravljen vložiti v reševanje inženirsko geološke problematike določenega terena. Zmožnosti natančnega, pravočasnega in strokovno korektnega reševanja inženirsko geoloških problemov v ožjem koridorju trase imajo tako predvsem finančni izvor. Včasih so pričakovane zmožnosti tudi časovno pogojene, in to predvsem iz vzroka, da je natančen potek trase in lega spremljajočih objektov določena praktično šele tik pred zahtevanim rokom oddaje dokumentacije.

**ABSTRACT:** Article offers and overview of activities in engineering geology in a perspective of traffic routes design discussing only works that meet demands and wishes of a design engineer by planning of highways. Taking in the account the scope of engineering geology works, that were in former years oriented mostly on the data and resources needed for planning traffic routes in the northeastern part of Slovenia, an emphasis is given on the overview of designing activities, morphological, geological and engineering geological conditions along national highway A1 between Maribor and Trojane and national highway A5 between Maribor and Pince (border to Hungary).

Presented area is morphologically very dynamic and hilly in wider area of Trojane, in narrow zone between Slovenske Konjice and Dramlje and in hinterland of Maribor. Morphologically milder shapes and lower hills are present on part between Fram and Vransko and eastwards from Maribor

to Prekmurje where highway passes down to flatlands of Pannonia basin. Differently formed hills are cut with smaller local waterways while individual areas are shaped by the influence of regional rivers. Morphology of the space is directly linked to the geological conditions and the types of soils or rocks that appear in the area. Very flat and flat areas are usually the ones with the worst geotechnical conditions and the most demanding. The mixture of geological structures, tectonics and of human works on site lead to demanding engineering geological conditions on practically entire extent of mentioned motorway sections. Undemanding from an engineering geological point of view are only crossings with wide valleys of larger rivers of Prekmurje.

Planning and construction of traffic routes within studied space goes on practically since 1970, when highway sections Hoče – Levec has been designed and engineering geologically investigated, until today, when designing of motorway Draženci - Gruškovje is still not finished. At the same time with planning of individual sections engineering geological studies of subsurface are going on, to present a design engineer boundary conditions needed for setting the road in a desired area and safety measures for realization.

Engineering geological works are bound between wishes of investor, design engineers and authors of geological study. Volume of works depends upon site circumstances, geological complexity, designed layout and above all the program of site investigations, that investor is prepared to pay for solving engineering problems on certain ground. Ability to accurate, timely and professionally solve engineering geological and geotechnical problems in a narrow corridor of highway has above all a financial origin. But sometimes the ability to solve such problems is also timely influenced mostly because the layout of highway and locations of accompanying objects are determined practically just before the deadline for delivery of project documentation.

## UVOD

V članku je predstavljena vloga inženirske geologije v procesu načrtovanja prometnic, obravnavane so izkušnje zadnjih ca 15 let, ko je v R Sloveniji vladal velik razcvet projektiranja ter izvedbe predvsem avtocest in hitrih cest ter v manjši meri ostalih cest državnega omrežja. Pri tem bomo vso pozornost vloge inženirske geologije posvetili osrednjemu delu Slovenije (ožje in širše območje Trojane), od tu dalje proti vzhodu in severu v smeri Maribora ter končno v smeri proti vzhodu mimo Lenarta in Murske Sobote do meje z Madžarsko na prostoru Lendave. Obravnavani prostor je izbran iz preprostega razloga, ker je avtor članka s sodelavci Gradbenega inštituta ZRMK d.o.o. Ljubljana in v manjši meri s sodelavci Geoinženiring d.o.o. Ljubljana (predvsem enota Maribor) v tem času absolutni delež svoje dejavnosti opravljal v sklopu projektantskih ekip na AC odsekih severovzhodnega dela Slovenije. Pri nadaljnji razčlenitvi se omejimo na obravnavo inženirsko geološkega deleža v smislu projektiranja "odprte" trase ter pri tem zanemarimo delež pri načrtovanju premostitvenih objektov, predorov in opornih ukrepov.

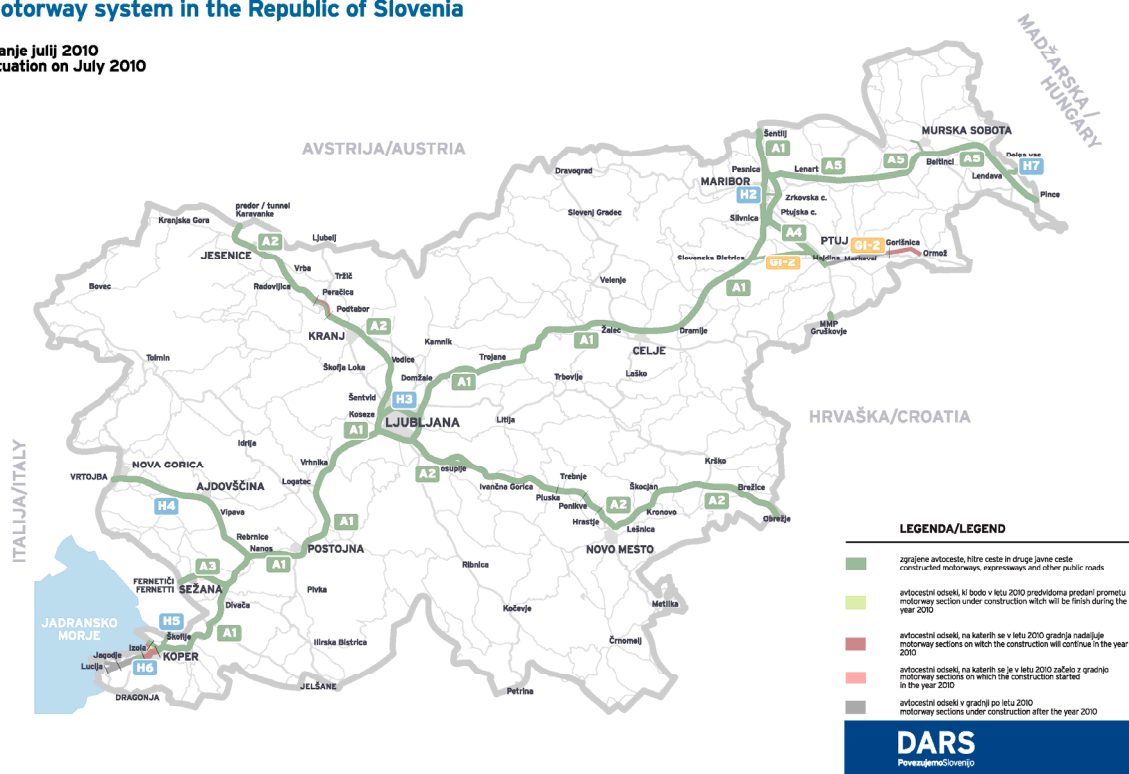
Do sprejetja "Nacionalnega programa izgradnje avtocest v Republiki Sloveniji – NPIA" (Državni zbor R Slovenije 1994), kljub že skoraj 25 let prej sprejetemu zakonu o "Dolgoročnem programu za gradnjo, rekonstrukcijo in vzdrževanje magistralnih in regionalnih cest R Slovenije v obdobju 1971 – 1985" (Skupščina R Slovenije 1970 in Republiška skupnost za ceste 1973), je sama gradnja modernih, hitrih in varnih prometnic pred tem nekako capljala na metu in bila odrinjena z drugimi odločujočimi programi. Pred zagonom NPIA, ki z vidika načrtovanja in gradnje avtocest v severovzhodnem delu Slovenije predstavlja konkretno prelomnico so se na ostalem prostoru Slovenije v daljšem časovnem obdobju izvedli avtocestni odseki med Ljubljano in Razdrtim, krajši AC odseki ob meji z Italijo (Vrtojba) in Avstrijo (Hrušica, Vrba), v celoti nepopolna AC povezava Ljubljane in Kranja, kratek AC krak proti Dolenjski (Ljubljana-Višnja gora) ter nepopolni obroč avtoceste in hitre ceste okrog Ljubljane. V vzhodni polovici Slovenije je v tem času zgrajena dvopasovnica na odseku projektirane AC Hoče-Arja vas, vse tri etape hitre ceste skozi Maribor in le še neznan odsek avtoceste med mejo z Avstrijo in Šentiljem.

Sprejetje "Nacionalnega programa..." leta 1994, ki je bil leta 1998 nadgrajen s "Spremembami in dopolnitvami nacionalnega programa izgradnje avtocest" (t.i. rebalans) in leta 2004 še z "Resolucijo o nacionalnem programu izgradnje avtocest", je za severovzhodni del Slovenije

pomenilo velik zagon vseh projektantskih kapacitet tega prostora in tudi angažiranje podjetij, ki projektantu nudijo potrebno inženirsko geološko, hidrogeološko in geotehnično podporo. Po spletu raznih okoliščin v zvezi s sodelovanjem na javnih razpisih je podjetju Gradbeni inštitut ZRMK d.o.o. Ljubljana uspelo postati član projektinskih timov za praktično celotno potezo načrtovanja avtocest med Mariborom in Lendavo (meja z Madžarsko).

## Avtocestni sistem v Republiki Sloveniji Motorway system in the Republic of Slovenia

Stanje julij 2010  
Situation on July 2010



Slika 1. Avtocestni sistem v Republiki Sloveniji.

Inženirsko geološka problematika obravnavanega prostora je izrazito heterogena in po posameznih regijah raznolika ter pestra. Uspešnost in doslednost prikaza inženirsko geoloških razmer, kar v bistvu predstavlja povezavo med osnovnim geološkim vodenjem in potrebami projektanta po določiti pogojev za varno umeščanje prometnice v dani prostor, sta odvisna od mnogih faktorjev. Pri tem je osnovni problem biti uspešen na razpisu, kasneje pa razpolagajoči obseg danih inženirsko geoloških, geotehničnih in hidrogeoloških preiskav prenesti na obravnavani teren ter pravočasno pridobiti vsa vedenja in znanja o določenem prostoru. Ovire pri dovolj zgodnjem pridobivanju za kvaliteten projekt odločujočih karakteristik tal vzdolž načrtovane prometnice so pogosto vezane na predvideni razpisani obseg del, vremenske razmere v času dovoljenega trajanja terenskih del, večkrat nerešene in neobvladljive lastniške odnose z imetniki posestne lastnine in večkrat tudi na nepravočasno pridobitev potrebnih podlog, ko projektant šele umešča traso v prostor. Tako se lahko zgodi in se je večkrat tudi dogajalo, da je trasa prostorsko in niveletno potrjena šele v času, ko je potrebno projekt zaključiti in, ko je bil predvideni fond preiskav terena izčrpan na različicah, ki v končni fazi ne veljajo več. V takšnih primerih je v posamezni fazi projekt potrebno in finančno ter časovno edino izvedljivo, da se za ne preiskane dele prostora smiselno uporabijo dognanja iz primerljive okolice. Takšne rešitve so pri relativno homogenih zgradbah tal širšega prostora navadno zadostne, a jih je v obravnavanih razmerah severovzhodnega dela Slovenije možno le redko uporabiti.

Osnovna vloga inženirske geologije pri načrtovanju prometnic in tudi pri podajanju pogojev same izvedbe je pridobitev čim bolj natančnih karakteristik tal vzdolž posameznega projektiranega odseka. Le tako bo projektantu možno določiti pogoje oblikovanja vkopnih in nasipnih brežin, locirati eventualno potrebne oporne ter podporne konstrukcije in s tem doseči, da bo prostor s

svojimi specifikami sposoben sprejeti traso določene osi in nivelete ter tudi živeti z njo. Ob primernem vedenju o inženirsko geoloških razmerah na površini lokalnega ali širšega prostora o razmerah v pripovršinskih slojih in tudi v večjih globinah, se to znanje lahko prepleta in prenese tudi na ostale dejavnosti (geotehnika, geomehanika, hidrogeologija), ki lahko le skupaj pripomorejo k uspešnosti projekta.

## **PREGLED PROJEKTHNIH DOGAJANJ V OBRAVNAVANEM PROSTORU**

Če k projektiranju prometnic na prostoru med Trojanami, Mariborom in Lendavo prištejemo splošno geološko, inženirsko geološko in geotehnično dejavnost, ugotovimo, da se le ta v posameznih primerih izvaja vzporedno s projektom trase in kot sestavni del posameznega projekta, bolj redko pa kot samostojna naloga, ki jo kasneje izbrani projektant uporabi pri projektiranju.

Zadnja (samostojna naloga ali načrt) je za inženirja načrtovalca geoloških in geotehničnih razmer bolj elegantna, ker za dano traso omogoča izvedbo časovno umirjenega programa preiskav, ki se ga smiselno razporedi in izvede vzdolž podane trase. V takšnem primeru se določi in preveri rešitve za oblikovanje vkopov in nasipov ter poda druge splošne geotehnične pogoje projektiranja, sam načrtovalec teh pogojev pa kasneje le izjemoma še sodeluje s projektantom.

Glede na dolgoletne izkušnje in sodelovanje pri številnih projektih pa se avtor tega članka absolutno bolj nagiba k prvi varianti preiskav, to je k izvajanju preiskav vzporedno in istočasno s potekom projektiranja trase ter umeščanja spremljajočih objektov. S tem je vzpostavljena bolj organska in živa povezava širšega kroga strokovnjakov znotraj projektnega tima in dana je večja možnost življenja s projektom ter tako možnost prilagajanja projektnih rešitev, ki jih lahko zahtevajo številni dejavniki v prostoru in pogoji investitorja.

Obseg, način in vrste preiskav so se, tekom pregleda dogajanj, ki so povzeta v tem članku, spreminjale, vendar so v osnovi sledile razpisanim pogojem. Preko skromnega in enoličnega obsega preiskav v davnih letih 1969/1973, ko se je pričela konkretna geološka obdelava na območju Hoče-Arja vas, do zadnjih dogajanj v letih 2004/2006 na trasah AC odsekov med Mariborom in Lendavo, oziroma v letih 2007/2009, ko se je izdelovala dokumentacija za IdP AC Draženci-Gruškovje, se je obseg preiskav močno povečal, vrste in načini pridobivanja podatkov o karakteristikah tal pa so sledili novim tehnologijam. Na trgu se je pojavila moderna raziskovalna oprema, ki je nudila možnost poglobljene študije inženirsko geoloških razmer v tleh, pridobivanja globinsko zveznih podatkov ob lažjem dostopu na različne površine ter je omogočila hitro nadgradnjo točkovno pridobljenih podatkov iz vrtin ter odvzetih vzorcev. Modernejša računalniška orodja so poenostavila in pospešila preverbe in potrditve geotehničnih rešitev.

Pri vsem tem je inženirska geologija po svoji osnovni opredelitvi v sklopu celotnega načrta predstavljala le delež naloge in je v bistvu skrbela za usmeritev preiskav na posamezne zahtevnejše predele terena. Inženirsko geološka problematika se je v smislu zahtevane obdelave posameznih tras pojavljala le v točki opisa inženirsko geoloških razmer, prepletala pa se je z geotehnično, geomehansko in hidrogeološko problematiko znotraj celotnega načrta, ki po razpisnih pogojih včasih nosi ime Geološko geomehanski elaborat, drugič Geološko geotehnični elaborat, ali Geotehnični elaborat, spet drugič Geotehnično poročilo, a nikoli Inženirsko geološki elaborat.

Po arhivskih podatkih je razvidno, da so v obravnavanem prostoru prve preiskave izvajane v letih 1969-1973 (ZRMK Ljubljana) na takrat imenovani trasi AC Hoče-Levec, ki je kasneje preimenovana v traso AC Hoče-Arja vas. Še prej izvedenih preliminarnih ogledov terena za potrebe študije variant pri tem ne omenjamo. Na relativno dolgem potezu avtoceste so v morfološko zahtevnem prostoru izvedene redke in večinoma plitve ročne ter strojne vrtine, ki so bile kasneje nadgrajene z globljimi vrtinami na lokacijah premostitvenih objektov. Obseg in globina preiskav sta bila prilagojena takratni okorni in počasni vrtalni opremini. Odvzet in geomehansko laboratorijsko preiskan je bil skromen delež vzorcev prevladujoče glineno-meljastih zemljin. Opravljen je bil strokoven in poglobljen inženirsko geološki pregled vplivnega in širšega prostora, ki je omogočil določitev pogojev projektiranja in izvedbe vkopov ter nasipov. Pod vodstvom inž. A. Grimšičarja so pripravljene rešitve, ki se, še po ca 35 letih obratovanja (prvotno je bila zgrajena le

dvopasovnica), kažejo kot upravičene (položne vkopne brežine, kvalitetno odvodnjavanje, stopničenja tal in utrditve pet nasipov). Žal se vsi inženirsko geološki predlogi niso povsod v celoti upoštevali, posledice pa se še danes kažejo v obliki zdrsov nasipov in večinoma plitvih zdrsov vkopnih brežin. Projektantska hiša za celotno traso je bilo podjetje PNZ, ki je takrat delovalo še v sklopu sistema SCT Ljubljana. Od projektirane avtoceste je bila leta 1976 zgrajena le dvopasovnica, ki se večinoma pokriva s sedanjo desno polovico avtoceste. Dograditev v avtocesto je po projektu BPI d.o.o. Maribor izvedena v letu 1995/1996 na že večinoma predhodno pripravljenih razširitvah. Za to nalogo je bil opravljen zgolj inženirsko geološki pregled zatečenega stanja in podanih je bilo več predlogov za izvedbo različnih sanacij (ki pa niso v celoti upoštevani) na nasipnih in vkopnih brežinah.

Po daljšem zatišju v smislu načrtovanja se je projektiranje in s tem tudi geološka obdelava intenzivneje nadaljevalo v letih 1994/1996 na AC odsekih Arja vas-Vransko in vransko-Trojane-Blagovica. Pri projektiranju AC odseka Arja vas-Vransko (projektant PNZ d.o.o. Ljubljana) sta inženirsko geološko in geotehnično podporo nudili podjetji Geoinženiring d.o.o. Ljubljana in Gradbeni inštitut ZRMK d.o.o. Ljubljana, pri projektiranju AC odseka Vransko-Blagovica (projektant PNG d.o.o. Ljubljana) pa je celotna geološka obdelava trase zaupana Gradbenemu inštitutu ZRMK d.o.o. Ljubljana. Omeniti velja, da so bile geološke preiskave razpisane in v Projektnih nalogah ovrednotene le za fazo PGD projekta. Za IdP fazo, ko je bila trasa prostorsko zacementirala in omejena s širino posegov v danem koridorju je opravljen zgolj inženirsko geološki pregled, ki naj bi, ob upoštevanju arhivskih podatkov geoloških del ob trasi stare ceste Maribor-Ljubljana, podal robne pogoje projektiranja vkopov in nasipov ter potrebe po uvedbi opornih in podpornih ukrepov. Na vsakem odseku je bilo na voljo po ca 70 strojnih vrtin, ki jih je bilo potrebno smiselno razporediti vzdolž 8,5 – 10,0 km dolgih pododsekov Arja vas-Šentrupert, Šentrupert-Vransko, Vransko-Trojane in Trojane-Blagovica. Točkovni vrtalni podatki so dali osnovno sliko o zgradbi tal v dolinah ter na pobočjih in omogočili so oceno načina ter globine objektov. Za višje faze projektiranja objektov ter predorov so bile kasneje izvedene še obširne dodatne preiskave, fond geotehničnih del za potrebe projektiranja trase pa se ni razširil. Izvedene so še meritve standardne penetracije in odvzeti so vzorci za laboratorijske preiskave. Zaradi geološke specifikke na odseku Vransko-Blagovica je bilo tam pridobljeno omejeno število vzorcev koherentnih zemljin. Druge in drugačne geotehnične preiskave z razpisom niso bile predvidene in takrat na prostoru Slovenije tudi niso bile na voljo. Absolutno potrebni delež geotehničnih osnov za projektiranje trase je bilo torej potrebno pridobiti z izvedbo poglobljenega inženirsko geološkega pregleda in kartiranja koridorja trase ter vplivnega zaledja.

V letu 1995/1996 je bila v teku intenzivna študija variant avtoceste med Mariborom in Pincami (meja z Madžarsko). Med posameznimi centri in kasnejšimi stičišči AC odsekov (Lenart, Cogetinci, Arja vas, Beltinci, Lendava) je bil v do 10 km širokem koridorju zasnovan širok nabor variant, za katere je bilo potrebno v študiji podati primerjavo izvedbe vkopov in nasipov, primerjavo potrebnih premostitev in izvedbe opornih ukrepov ter primerjavo nosilnosti (stabilnosti) tal. Za večji del variant (posamezne variante so se tekom študije opustile ali prostorsko korigirale) je opravljen inženirsko geološki pregled in zbrani so bili podatki o že izvedenih preiskavah tal. Ker so arhivski podatki v glavnem vezani na geomehanske raziskave za visokogradnjo v bližnjih mestih ali večjih naseljih, so omogočali le skromno pomoč pri osvetlitvi geološke zgradbe tal v koridorju tras, ki so navadno načrtane stran od naselij po drugače morfološko in geološko zgrajenem prostoru. Nalogo inženirsko geološkega obhoda variant smo v glavnem videli v določitvi ter omejitvi številnih labilnih in plazovitih con, ki so najpogostejše v širšem prostoru Slovenskih goric. Poudarek pregleda je bil namenjen tudi določitvi slabe nosilnih površin. Na v končni fazi ca 80 km dolgem potezu je bilo inženirsko geološko pregledanih in ovrednotenih več 100 km variant. Inženirsko geološko rangiranje variant je za posamezne odseke pokazalo na manj primerne ali težko izvedljive različice in tudi izjemno različne poteke tras znotraj Slovenskih goric (stabilnost vkopov, omejena možnost gradnje visokih nasipov) in preko območja Črnega loga pred Lendavo (mrtve struge, preplavna območja). Zaradi specifikke prostora in drugih omejitvenih vzrokov vsi inženirsko geološki izločitveni pogoji niso osvojeni in tudi niso mogli biti upoštevani.

Po izvedeni študiji variant je investitor koncem leta 1996, torej v času, ko ustrezna ministrstva še niso določila izbrane različice, razpisal izdelavo projektne dokumentacije faz IdP, PGD, PZI in PZR

za avtocestne odseke Maribor-Lenart, Lenart-Cogetinci in Cogetinci-Radmožanci, kjer je bil takrat

zasnovan mejni prehod z Madžarsko. Sestavni deli razpisne dokumentacije so bili tudi programi geoloških raziskav za posamezne odseke, ki pa so predvidevali zgolj raziskave za fazo IdP. Za vse odseke (skupaj ca 75 – 85 km tras zaradi variant in obvoznice pri Lenartu) je bilo predvidenih skupno ca 200 vrtin globine 10 – 15 m in 650 meritev SPT. Prvič so se v razpisni dokumentaciji pod geotehničnimi deli pojavile preiskave s konusnim statičnim penetrometrom (CPT).

Na razpisu za projektiranje sta bili uspešni podjetji Lineal d.o.o. Maribor (odsek Maribor-Lenart in Cogetinci-Radmožanci) in BPI d.o.o. Maribor (odsek Lenart-Cogetinci), za pripravo geološke dokumentacije pa je na vseh treh odsekih po spletu okoliščin sodeloval Gradbeni inštitut ZRMK d.o.o. Ljubljana. Omenjene ekipe so v naslednjih ca 8 letih izpeljale vse zahtevane faze projektov in tudi vmesnih dodatnih študij variant, le za fazo PGD odseka Cogetinci-Vučja vas je bilo izbrano podjetje GINEX International d.o.o. Nova Gorica. Zaradi obilice dela in časovnega prekrivanja posameznih projektov PGD faze je bilo na insistiranje investitorja za tekoče reševanje geološke problematike (predvsem geomehanske obdelave objektov), v projektantsko ekipo kasneje vključeno še podjetje Geoinženiring d.o.o. Ljubljana (AC Maribor-Lenart III. etapa, AC Lendava-Pince).

Razpisan program preiskav, ki je na splošno omogočal izvedbo ene vrtine na ca 400 m trase in je bil, predvsem za predel mimo Lenarta, Cogetincev in do Vučje vasi, milo rečeno zelo skromen, je izkoriščen za pridobitev osnovnih geoloških podatkov in karakteristik tal vzdolž tras, s katerimi so nas kmalu opremili projektanti. Ponovno je idejno reševanje načrtovanja vkopov in nasipov v veliki meri slonelo na podatkih detajlnega inženirsko geološkega kartiranja. Vsa terenska dela in kabinetna obdelava so bila opravljena v letih 1996/1998.

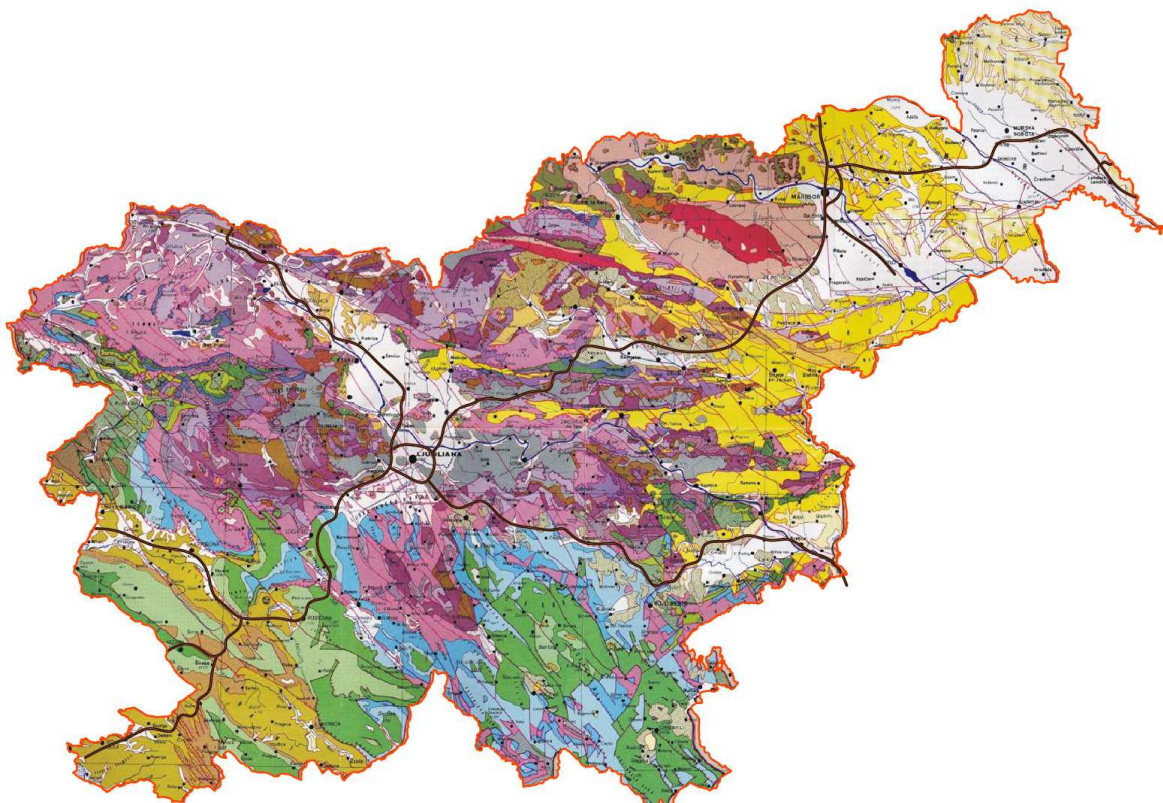


*Slika 2. Morfološka karta Slovenije.*

Po oddaji dokumentacije faze IdP je projektiranje zastalo (izjema je bil AC pododsek Vučja vas-Beltinci z navezavo na obvozno cesto Murske Sobote) za več. Ko je bilo projektantsko zatišje prekinjeno, se ugotavlja, da je bila večina idejno obdelanih tras in variant odsekov opuščena oziroma na različno dolgih predelih modificirana. Določila se je tudi nova lokacija vodenja trase do Madžarske meje (Pince namesto Radmožancev). Investitor je izbranemu timu projektantov

omogočil nadaljnjo delo na novo določenih trasah. Posredovane so nove Projektne naloge, ki so za geološko zahtevane predele omogočale dostojen in tehnično razširjen program preiskav (dovolj globoke vrtime, statične in dinamične penetracijske preiskave, zemljinski presiometer in ob zaključku del še meritve z dilatometrom). Terenska geološka dela in kabinetna obdelava so se na novo določenih trasah za fazo IdP odvijala v glavnem v letih 2000/2005, za višje faze projekta posameznih odsekov pa v letih 2004/2006.

### **MORFOLOŠKI, GEOLOŠKI IN INŽENIRSKO GEOLOŠKI OPIS RAZMER VZDOLŽ OBRAVNAVANEGA AC KORIDORJA**



Slika 3. Geološka karta Slovenije.

#### **Območje Trojan (AC Vransko-Blagovica)**

Visoka naravna pregrada, ki je v preteklosti povzročala preglavice načrtovalcem prometnic in je oteževala stike med nižinskima Ljubljansko kotlino in Celjsko kotlino, predstavlja prečno na slemenitev ca 4 km širok greben, oziroma vzdolž trase avtoceste ca 10 km dolg in zahteven prostor. Dominantno gričevje slemeni v smeri vzhod-zahod in v tej smeri je tudi razrezano v štiri vzporedne grebene, znotraj njih pa sta se daleč in globoko vrezali dolini Radomlje (od zahoda) in Bolske (od severa in vzhoda). Osrednji greben na Trojanah predstavlja razvodnico med porečjem Save in Savinje. Pri Blagovici se dolina Radomlje občutno razširi, na drugi strani grebenov pa se prostor izravna v zahodno obrobje Celjske kotline. Na vmesnem predelu se pojavlja večinoma strmo gričevje, ki se v lokalne doline mestoma spušča enako strmo, drugje so zaznane občutne ublažitve.

Pestra morfološka oblikovanost izhaja iz pisane geološke zgradbe, ki je na relativno majhnem prostoru posledica narivne zgradbe Južnih Alp in mejne cone z Dinaridi. Na območju Trojan so prisotne tri narivne enote, ki znotraj sebe nosijo stratigrafsko zelo različne kamnine, ob njih pa izdajajo (ali so prekrite z narivi) mlajše kamnine zahodnih zalivov Panonskega morja. Narivna zgradba prostora Trojan je pogojila, da se vzdolž trase AC menjavajo območja kamnin, ki

stratigrafsko nikakor ne spadajo skupaj. V sestavi gričevja prevladujejo permokarbonski klastiti, sledijo klastične in karbonatne kamnine srednje in zgornje triade, manj je klastičnih kamnin srednjega perma, v sledovih se pojavljajo oligocenski klastiti, trasa pa se v smeri roti Vranskemu zaključuje v in ob krednem flišu. V vseh geoloških enotah je med klastiti prisotno ritmično menjavanje skrilavih glinovcev, skrilavih meljevcev in peščenjakov, karbonati pa so zastopani v obliki dolomita in tanko do debelo plastovitih, ploščatih in tudi skrilavih apnencev. Zaradi več faznega narivanja in kasnejšega spremljanja so vse prisotne kamnine večinoma občutno poškodovane. Plastični glinovci in meljevci so nagubani in pregneteni do pojavljanja tektonskih glin, neplastični peščenjaki, dolomiti in apnenci pa so močno razpokani in zdrobljeni do občutnih pojavljanj milonitnih con. Razmere so v tem prostoru navadno najslabše na južnih robovih gričevja. Pisana geološka zgradba tal, tektonska dogajanja in kasnejši procesi so pogojili, da je prevladujoči del pobočij prekrit z debelo preperino in pod njo globoko razrahljano kamnino. Lokalne doline so večinoma ozke in so plitvo nasute z materiali kratkega transporta vzdolž potokov in pobočij. Glineni in meljasti pokrovi dolin so tanki.

Pisana geološka zgradba gričevja, močna tektonika in pojavi precednih pobočnih vod so pripomogli k temu, da se vzdolž trase AC na prostoru Trojan srečujemo z le redkimi in prostorsko omejenimi stabilnimi območji, pretežni del pobočij pa se okvalificirana kot nestabilen ter nevaren za nastanek zemljinskih in hribinskih plazov, pred gradbenimi posegi pa so lokalno omejeni tudi aktivni premiki pobočij. Na erozijsko neobstojevnih vznožjih gričevja in na bregovih lokalnih vodotokov so bili prisotni brezštevni pojavi usadov in plitvih zdrsov preperine.

Na osnovi vsega navedenega je bilo območje Trojan ocenjeno kot inženirsko geološko zelo zahtevno, ki je zaradi zahtevne morfologije izven predorov in daljših premostitvenih objektov omogočalo le omejene obsege izvedbe odprtih vkopnih brežin v položni do srednje strmi obliki. Močno razpokane, predrobljene in pregnetene kamnine (predvsem znotraj permokarbonskih in permijjskih klastitov) niso omogočale izvedbe vkopov z nakloni več kot 1:2-1:1,5 in so zato ob trasi vpeljani številni oporni ukrepi različnih tehnologij. Izvedba opornih ukrepov je bila posebej zahtevna na delu pobočja levo od južnega portala predora Trojane, kjer se je že v času projektiranja registriran aktivni plaz med gradnjo še razširil in na desni vkopni brežini takoj za zahodnim portalom predora Podmilj, kjer so prisotni globoko tektonizirani grōdenski klastiti. Zaradi prevladujočega poteka trase v vkopih, predorih in na viaduktih so bili v podrejeni meri zasnovani in izvedeni različno visoki (in tudi zelo visoki) nasipi, ki so za gradnjo izkoristili predvsem lokalne izkopne materiale. Nosilnost tal pod nasipi je bila pretežno zadovoljiva, pravih bočnih nasipov, ki bi za gradnjo zahtevali obsežna stopničenja in utrjevanja pete, ob tej trasi ni bilo. Posebnost med nasipi predstavlja do ca 30 m visok nasip preko razvejane grape pred vzhodnim portalom predora Jasovnik. Nekaj 100 m dolga grapa, ki je ob stiku s strminami odvijala proti Motniški dolini, je bila globoko in razvejano vrezana v oligocenske laporovce in meljevce. Ozka grapa je večinoma omogočala opiranje visoke nasipne brežine v nasprotno pobočje, problem pa so predstavljali številni stalni izviri v grapi in na različnih višinah obeh bregov. Problema prekritja grape z nasipom je bil rešen z zajetjem vseh izvirov v drenažni sistem in vgradnjo več metrov visokega drenažnega tepiha iz grobega kamnitega materiala. Določeno problematiko so še v zaključni fazi projektiranja in tudi med izvedbo predstavljali usadi in plitvi, a visoki zdrsi preperin nad lokalnimi vodotoki. Sanacije teh usadov so se izogibali tako cestarski projektanti češ, da poškodbe ne segajo v tloris cestnega telesa, kot tudi vodarski projektanti v predelih, kjer niso izvajane regulacije. Kasneje so tudi te poškodbe večinoma sanirane s kamnitimi oblogami in plombami in tako je bilo zaustavljeno širjenje usadov proti višje v pobočju vodeni trasi.

### **Območje med Hočami in Vranskim**

Na teh skupno ca 55 km dolgih odsekih mimo Slovenske Bistrice, Slovenskih Konjic, Dramelj, Celja, Žalca in Šempetra je prostor, v primerjavi z območjem Trojan, bistveno bolj umirjen, a še vedno raznoliko razgiban. Med Hočami in Polskavo je dolga in navlažena ravnina, ki se pokriva z višinami najstarejše dravske terase. Ravnina se neopazno dvigne v pretežno nizek planotast svet, ki je do Slovenskih Konjic pahljačasto razrezan s številnimi potoki izpod Pohorja in prečno široko odprt z dolinami Polskave, Bistrice, Oplotnice in Dravinje. Pri Žičah se prečno na traso hitro, strmo in visoko dvigne vzhodno pobočje grebena Konjiška gora, ozek greben pa se proti zahodu v smeri Celja do Dramelj postopno zniža. Dalje je trasa vezana na prehod preko severnega obrobja



Celjske kotline, ki je oblikovan z v glavnem nizkimi planotami in planotastim gričevjem. Tudi ta prostor je razsekan s številnimi manjšimi in večjimi potoki (Hudinja, Ložnica), dominantni vodotok pa je Savinja, ki je nasula široko ravnico.

V tem prostoru prevladuje mlada in s tem specifična geološka zgradba, starejše ter tako bolj "kamninske" razmere pa vladajo le v ca 6 km dolgem pasu na predelu Žiče-Dramlje. Nad Žičami se dviguje ozek pas Južnih Karavank, ki se na površini v smeri vzhoda nadaljujejo v masivih Boča in Donačke gore ter jih gradijo srednje triadni masivni dolomiti. Od južnega portala predora Golo rebro se v smeri Dramelj teren stopničasto in vse bolj položno spušča preko gričevja izpolnjenega z oligocenskimi andezitnimi tufi, vulkanskimi brečami in sivico-lapornato morsko glino ter spodnje miocenskimi peski, peščenjaki, grebeni litavskega apnenca in peščenim laporovcem. Vse zelo položno in planotasto gričevje ter nizke planote nad ravninami Drave ter Savinje pripadajo pliocenski in pliokvartarni sedimentaciji obrobja Celjske in Konjiške tektonske udorine, kjer v različnih debelinah prekrivajo spodaj ležeče miocenske in oligocenske klastite. Sedimentacija je kaotičnega tipa in v spodnjih plasteh pretežno rečnega nastanka, v plasteh bližnje sedanjim površinam pa jezerskega tipa. Prisotni so močno prepereli in zablateni prodi prevladujoče silikatne sestave in predvsem mešanice visokoplastičnih glin, meljev in peskov. Na daljše razdalje ni možno povleči zveznih plasti posameznih litoloških različkov. Za nizke planote in nizko planotasto gričevje še veljajo določena splošna pravila, da se v večje globine vlečejo težko gnetne in poltrdne glin brez peščenih in prodnatih vložkov, ki se le lokalno stanjšajo ob plitveje potopljenih grebenih laporovca. V območju severno od Celja in dalje proti Dramljam in na posameznih višjih planotah med Slovensko Bistrico in Slovenskimi Konjicami pa se sedimentološke razmere hitro menjavajo po vertikali in horizontali. Poltrdne visoko plastične glin se tam ritmično menjavajo s tankimi sloji meljev, peskov in drobnih prodov v plasteh debelin mm/cm/dm in redko več, lokalno pa lahko prevlada posamezni petrografski različek. Polhribinska do hribinska podlaga je v teh primerih navadno zelo globoko. V meljih in peskih je pod različnim arteškim pritiskom ujeta pobočna voda, ki jo posamezne glinene bariere ločujejo v več manjših vodonosnih struktur. Lokalne naravne zajede in manjše doline, ki se zaključujejo bodisi v tlorisu avtoceste, ali v njeni bližini in lahko tudi v oddaljenem zaledju so erozijskega nastanka in so se razširile s spiranjem peščene osnove ter gravitacijskimi zdri glin nad peski. Takšne zajede in manjše doline so navadno plitvo nasute z lokalnim materialom, površine na njih so večinoma zamočvirjene, neznatni vodotoki praktično nimajo prave struge, njihov vzdolžni padec pa je minimalen. Sedimenti v lokalnih dolinah so tako večinoma razmočeni. V širših dolinah so vodotoki v globljih strugah ali pa so regulirani, debeline aluvialnih materialov navadno presega nekaj metrov. Na dnu dolin je večinoma prisoten tanek sloj proda, navzgor navadno sledi cona preplavnih meljev in peskov ter zaježitvenih glin in meljev s pooglenelim rastlinskim drobirjem, na površini pa je večinoma konkretno debela skorja dreniranih glin in meljev. Takšna sedimentacijska izpolnitev dolin ne velja le za ožji del doline Savinje, kjer so brez glinenega pokrova v večjih debelinah odloženi le čisti rečni prodi. Izven vplivnega prostora nanašanja proda so za prodnimi pregradami veljali pogoji jezerske in barjanske sedimentacije, kjer so na več mestih ugotovljeni debelejši pojavi organske glin in šote.

Inženirsko geološke razmere so izven ozkega grebena Konjiške gore in izven večjih dolin zahtevne, uspešnost reševanja inženirsko geološke problematike pa je s časovne oddaljenosti 15-40 let, ko so potekale raziskave tal težko oceniti. Po skromno izvedenem obsegu preiskav so na osnovi splošnih inženirsko geoloških ocen terenskih razmer registrirana labilna območja in drugi pojavi, ki lahko vplivajo na varnost predvidene nivelete. Za izvedbo številnih in različno globokih vkopov so predlagane zelo položne brežine in vgradnja prečnih drenažnih reber, ki bi prestrezala številne pojave pobočne vode in pripomogla k stabilnosti. Strmejši vkopni posegi so bili predvideni le na ožjih območjih okrog Vranskega in pri vzponu oporni ukrepi niso bili v osnovi nikjer predvideni. Številni pobočni nasipi in redko visoki nasipi preko širših dolin naj bi se gradili na stopničenih podlagah, z dreniranjem stopnic in utrjevanjem pet ob izteku pobočja. Tudi pri vpenjanju nasipov na pobočjih niso bili predvideni podporni ukrepi. Med gradnjo se je predvsem v nizkem gričevju pojavilo več manjših in tudi večjih (plaz Slatina) splazitev vkopnih brežin, ki so se reševale z blažitvijo vkopnih naklonov ali odvozom splazele mase in nadomestitvijo s kvalitetnejšim materialom. Porušilo se je tudi nekaj nasipov (plaz Golo rebro). Precenjena je bila trajnost strme vkopne brežine v sivici na Županovem hribu v Stopniku pri Vranskem, ko je po izvršenem vkopu prišlo do relaksacijskega nabrekanja, razpadanja sivice in splazitve vkopne brežine. Ker bistvena ublažitev vkopa zaradi prostorskih razmer in predvidene deviacije ni bila možna je vkop

zavarovan s pilotno steno in kamnito fasado. Tudi po izvršeni gradnji najprej dvopasovnice in kasnejše razširitve v štiripasovnico se na vkopnih in nasipnih delih trase pojavljajo relativno številne poškodbe, ki jih povzročajo predvsem zastajajoče pobočne vode na stiku zemljina-nasip bodisi izcedne vode na vkopnih brežinah. Posamezne poškodbe investitor sprotno sanira, na mestih, kjer so poškodbe nastale in se le počasi širijo (nasip za južnim portalom predora Pletovarje, priključni nasip na viadukt Preloge) pa se vršijo dolgotrajne geotehnične meritve premikov.

Če bi se projektiranje in izvedba AC odsekov med Slovensko Bistrico in priključkom Dramlje dogajalo danes inženirsko geološka vedenja ne bi bistveno odstopala, verjetno pa bi bili vpeljani bolj rigorozni ukrepi zaščite globokih vkopov in vpenjanja nasipov na pobočja.

### **Območje razcep Dragučova-Hoč**

Za ta prostor je značilna gričevnata zgradba na predelu Dragučove in do levega brega Drave ter obsežna ravnina z več terasnimi odseki do Hoč. Med Pesniško dolino in dolino Drave je prisoten ca 3 km širok greben s planotastimi vrhovi, ki je zlasti v smeri sever-jug globoko razrezan z dolino Vodolskega potoka. Iz glavne doline se na vzhod in zahod odpira več stranskih vej zaprtih dolin s položnimi brežinami. Prostor je bil pred gradnjo avtoceste izrazito razgiban in je nudil lokalno zelo strme spuste pobočij do potoka, generalno večji del vplivnih brežin pa je bil položen. Spust grebena prit Dravi v Malečniku je bil strm in je kazal prisotnost kamninske sestave takoj pod humusnim pokrovom. Nasprotno je bil spust severnih pobočij grebena Dragučova v prostor sedanjega AC razcepa zelo položen labilen do plazovit (ob lokalni cesti) in je nudil sledove plitvo podzemnega toka pobočne vode.

Inženirsko geološke in geotehnične razmere v tem prostoru in severneje do rondoja Pesnica je preučevalo podjetje Geoinženiring d.o.o. Ljubljana, projekt pa je vodilo podjetje BPI d.o.o. Maribor. Za splošno informacijo se na tem mestu podaja le osnovno in splošno poznano geološko zgradbo tal. Položna pobočja med Pesnico, pod večjim delom razcepa Dragučova in do grebena Dragučova ter praktično vse vrhove grebenov v vplivnem prostoru avtoceste gradijo pretežno debeli sloji poltrdnih visokoplastičnih glin pliokvartarja. S približevanjem grebenu Dragučova se debelina glinenega pokrova hitro zmanjša, odebelijo pa se pojavi peskov. Glavno maso gričevja ob Vodolskem potoku izpolnjujejo klastične kamnine spodnjega dela srednjega miocena. Plasti sestavljajo ritmične menjave peščenih laporovcev bogatih s sljudo v lističasti in debelo slojeviti obliki, peščenjakov s prehodi v drobnnozrnat kongloemrat ter v obliki tanjših trdnih do mehkejših pol in peskov, ki lahko dosega debeline do več metrov. Dravska dolina se preko več teras dvigne do Slivnice in tu jo takoj pod humusom izpolnjujejo dravski prodi s pretežnim izvorom v magmatskih in metamorfnih kamninah. Od Slivnice proti Hočam ni več terasnih odsekov, površine ravnin so prekrte z debelim glinenim slojem preko prodnate baze.

Izven ravnin na Mariborsko-ptujski depresiji, ki je praktično do sedanjih površin zapolnjena s rodrom, so inženirsko geološke razmere v ozki grapi in ob pustih v Pesniško dolino zelo zahtevne. Omejen prostor, v katerem je poleg avtoceste vgrajena deviacija lokalne ceste in izvedena regulacija potoka je zahteval vpeljevanje obsežnih, predvsem opornih ukrepov na vkopnih predelih. Različni tipi in geometrije konstrukcij so prekrili praktično vse vkopne brežine. V času gradnje so natopile težave s stabilnostjo in nosilnostjo oporne konstrukcije na prvem vkopu nad razcepom Dragučova. Ob pisanju tega članka ne poznamo vzrokov nastanka poškodb na oporni konstrukciji in tudi ne trenutnega stanja na njej.

### **Območje avtoceste A5 med razcepom Dragučova in Vučjo vasjo**

Na razcep Dragučova se avtocesta A5 usmeri proti vzhodu in v tej liniji poteka vse do prehoda terena na Mursko polje. Trasa je tu vezana na potek skozi gričevnate Slovenske gorice. Pretežno nizko gričevje slemenjeno od severozahoda k jugovzhodu in se generalno niža (spušča) proti jugu. Verjetno prvotno visok planotast svet je v smereh slemenitve razrezan v številne ozke grebene, ki imajo večinoma položne brežine, po ozkih vrhovih grebenov so speljane lokalne ceste, na njih pa je izvedena vsa lokalna pozidave. Vzrok takšne pozidave je v tem, da nudijo potrebno stabilnost le ozki vrhovi grebenov, vsa pobočja pa so več ali manj labilna do plazovita. Ozki grebeni imajo ob

vrhu pobočij še dokaj strme brežine, spusti proti dolina pa so blagi in ob vznožjih tudi planotasti. Med grebeni so navadno ozke in namočene doline z neznatnimi vodotoki, manj je širših in v novejšem času melioliranih dolin (Velka, Drvanja, Ščavnica). Največjo depresijo in izravnavo znotraj Slovenskih goric predstavlja Pesniška dolina, ki se v 1-2 km širokem pasu razprostira med naseljem Pesnica pri Mariboru in Senarsko, kjer odvije proti jugu v smeri Ptuja. Reka Pesnica je glavni odvodnik vseh voda s širšega prostora Slovenskih goric (razvodnica s porečjem Mure je šele na grebenu Cenkova pri Cerkvenjaku), zato je reka speljana skozi več zadrževalnikov (Pernica, Pristava), ali pa so zadrževalniki zgrajeni na njenih pritokih (Komarnik, Radehova, Gradišče).

Geološka zgradba tega prostora je izrazito raznolika in je vezana na sedimentacijo mlajših členov srednjega miocena in zgornjega miocena znotraj tektonske enote Slovenskih goric. Zaradi umikanja Panonskega morja se v smeri vzhodno od Maribora sledijo vse mlajše plasti, dokler tudi te v bližini Vučje vasi ne izginejo s sedanjih površin. Med Mariborom in Močno so v gričevju goric plitvo pod površino še relativno trdi peščeni laporovci s stankimi ploščami peščenjaka in vložki nevezanega peska ter lečami konglomerata, ki se med seboj menjavajo v neenakih razmerjih. Proti vzhodu laporovec tone v globino in se do Lenarta pojavlja le še v najglobljih vkopih, še bolj vzhodno pa tudi tam ne. Nad laporovce, so odloženi mlajši členi miocena, ki jih do Lenarta gradijo mehkejši peščeni laporovci s tankimi polami peščenjaka, peski in prodi ter sledovi litavskega apnenca in apnenega peščenjaka. Proti vzhodu je sestava tal podobna, s tem da v gričevju počasi prevladujejo peski in prodi, laporovci postanejo redkejši in še bolj mehki ter jih zato vodimo kot trdne laporaste gline. Takšen opis velja za matično miocensko gričevje, ki pa je v sedanji obliki več ali manj prekrito s pliokvartarnimi sedimenti, v katerih prevladujejo težko gnetne do poltrdne visokoplastične gline s številnimi vložki peskov in zablatenih prodov. Prehodi med pliokvartarnim pokrovom in po literaturi tudi eolskimi sedimenti in miocensko osnovo je pogosto težko določljiva. Manjše lokalne doline so plitvo zapolnjene s spiralskimi glinami, melji in peski z bližnjih pobočij, večje doline in predvsem dolina Pesnice pa so izpolnjene s pretežno preplavnimi in zaježitvenimi nanosi. Površine večjih dolin so meliorirane in je zato glinena skorja večinoma dobro drenirana. Globlje so povsod odložene večje količine peščenih meljev in peskov menjavi z organskimi glinami, organskimi melji, šoto in visokoplastično glino kot produkt večkratne ojezeritve, ki je nastala v času, ko sta Drava in Mura z intenzivnim nanašanjem proda zaprli odtok Pesnice in Ščavnice. V bazi vseh večjih dolin je tanka serija prodov.

V razgibanem gričevju so inženirsko geološke razmere prevladujoče povsod zahtevne ter vezane na številne pojave fosilnih in aktivnih splazitev, na stanje slabo vezanih ali nevezanih sedimentov v gričevju ter slabšo do slabo nosilnost tal v stranskih dolinah. Ob trasi so na pobočjih registrirana ozka ali obširnejša plazovita stanja, pri čemer odlomni robovi segajo do prevoja pobočja v ozke vrhove grebenov (območja Močne, Črnega lesa, Cenkove, Grabonoša in Dragotincev), izravnani robovi pa se stekajo v lokalne grape ali na vznožja pobočij. Poleg prisotnosti aktivnih premikov tal se lahko tudi za valovito oblikovana širša območja pobočij oceni njihovo labilno ravnovesje. Večje doline (predvsem dolina Pesnice in delno dolina Ščavnice) posedujejo omejene vrednosti nosilnosti, v dolinah njihovih stanskih pritokov pa je nosilnost tal pretežno slaba. Razgibano in razbrazdano območje Slovenskih goric je v predelih miocenske sedimentacije občutljiv na delovanje vodne erozije in je ob teh procesih tudi pridobilo sedanje oblike. Nizek planotast svet okrog Lenarta, Senarske, Sv. Jurija in na zaključnem spustu proti Murskemu polju je ob svoji prevladujoče glineni sestavi manj izpostavljena erodiranju in brazdanju.

Projektirana avtocesta je večinoma vodena ob vznožju pobočij ali v spodnjih delih pobočij, iz česar izhajajo plitvi do globoki in pretežno enostranski vkopi v pete labilnega zaledja. Na niveletih ali na različnih globinah vkopa se na daljših razdaljah pojavljajo kontakti med laporovci in glinenimi pokrovi (do Lenarta), ali v nadaljevanju kontakti med glinenimi okrovi in tako slojevito serijo glinenih, peščenih in meljastih sedimentov. Zahtevnost kontaktov navadno povečuje še prisotnost pobočne vode. V takšnih talnih razmerah pomeni izvedba vkopov spodkopavanje pete labilnih zaledij in s tem porušitev obstoječega stanja. Na obsežnih območjih razgibanega prostora se nakloni pobočij v zaledju vkopov spreminjajo in le redko omogočajo oblikovanje vkopov v naklonih 1:3 ali manj. Zaradi pretežno nizkih strižnih lastnosti, pojavov pobočne vode in zaradi pisane geološke zgradbe pobočij, ki ne omogoča

določitve natančnega geološkega modela, se je potrebno strmejšim naklonom izogniti. To velja tudi za primere, ko je v posameznem pobočju ugotovljena prisotnost peščenega ali prodnatega materiala v zadovoljivem gostotnem stanju, niso pa takšne razmere potrjene za širše zaledje. Iz tega vzroka je določeno, da se praktično vsi enostranski vkopi oprejo z betonskimi konstrukcijami. Odprti vkopi (pri globinah več kot ca 6 m z bermo) so izvedljivi le v planotastih prostorih nad navlaženimi ravninami in to le v primeru enovite glinene sestave brez vložkov peskov in pojavov pobočne vode. Na lokacijah, kjer med preiskavami ni ugotovljena prisotnost vode, a je ocenjena možnost občasnega precejanja v peščenih vložkih, so odprti vkopi dodatno ojačani s prečnimi drenažnimi rebri. Gradnja večinoma nizkih nasipov na pretežnih delih tega prostora stabilitetno ni vprašljiva. Tudi v razmočenih in slabše nosilnih lokalnih dolinah nadomeščanje tal ni predvideno. Pod redko visokimi nasipi na nagnjenih površinah je predvideno stopničenje podlage in ustrezno globoko vkopavanje pete. Stabiliziranje visokih nasipov grajenih na slabše nosilnih tleh (predvsem v dolini Cogetinskega potoka) je izvajano z bočnimi nasipi, saj je to prostor omogočal, na voljo pa so bile ustrezne količine izkopnih viškov. V primeru prečkanja kratke slabo nosilne zajede brez glinenega pokrov in z debelo mešanico razmočenih organskih ter meljastih tal so pod visokim nasipom vgrajena prečna drenažna rebra, ob boku nasipa pa je utrjen nizek bočni nasip (visok nasip takoj za oskrbnim centrom Lormanje-jug).

### **Območje Vučja vas-Murska Sobota-Pince**

Trasa avtoceste se pri Vučji vasi preko visoke ježe spusti iz zaledne planote na Mursko polje, prečka Muro in dalje vijuga reko Prekmurja. Samo Prekmurje lahko štejemo za obširno ravnino, ki neopazno pada proti vzhodu in jugovzhodu. Med Vučjo vasjo in Bakovci je prisoten ca 4 km širok neznatno nižji in večinoma navlažen svet, ki je predstavljal razlivni prostor reke predno so ji razlivanje z visokovodnimi nasipi omejili na ca 1 km širine. Dalje mimo Murske Sobote in do Turnišča so površine terena relativno višje in v celoti kmetijsko obdelane. Vzhodneje od Turnišča se teren ponovno delno zniža in preide v vplivni prostor delovanja Lendave. Tako Lendava kot vsi večji potoki, ki pritečejo iz prostora Goriškega so preko nižinskega sveta ujeti v regulirane struge in kanale. Lijakasto oblikovana nižina, ki nosi krajevno ime Dolinsko (Dobrovniško, Lendavsko) je bila še pred nekaj desetletji zaraščena, zamočvirjena in večkrat preplavljena, po izvedenih regulacijah in melioracijah pa je spremenjena v večinoma kmetijske komplekse. Na nižinskem delu je v naravni obliki ohranjen ca 3 km širok in do 5 km dolg prostor Črnega loga, kjer razen regulacije vodotokov ni bilo drugih posegov. Te površine so stalno navlažene, gosto zaraščene in prepredene s plitvimi razlivnimi strugami, ki se večinoma napajajo le iz visokega stanja podzemne. Druga posebnost jugovzhodnega dela Prekmurja so številna mrtva korita, struge in meandri, ki jih je Mura odrezala, ko je svojo strugo selila proti jugu. Mrtvice se napajajo iz podzemne vode in so včasih suhe, včasih preplavljene.

Sedimentacija se je v Prekmurju vršila v obširni Murski depresiji, ki jo na severu zaključujejo vzpetine Goriškega, na vzhodu pa planotasta in gričevnata nadvišanja Dolgovaških in Lendavskih gor. V depresiji so odložene debele plasti čistega pleistocenskega proda preko pliocenskih sedimentov. Pleistocenski nanosi so meljasto peščene do slabo zrnate sestave in vsebujejo neznatne količine lečastih vložkov meljastih peskov. Za pliocenske nanose v podlagi in v okolišnih goricah pa je značilna ritmična menjava pretežno grobih peskov, drobnih peskov in tankih medslojev laporaste glin s pojavi organske glin in premoga. V goricah se pojavljata še trd peščen laporovec in peščenjak. Planotasta nadvišanja nad Dolgo vasjo so v večjih debelinah izpolnjena s poltrdnimi srednje do visoko plastičnimi glinami in preperelim ter zablatenim prodom. Visoke ravnine Prekmurja so prekrte z zelo tankim meljastim in peščenim pokrovom, v depresijah ob Muri ter na območju Dolinskega, pa je nad prodom odloženega lahko tudi več metrov debela cona preplavnih meljev, peskov. Lesenega drobirja in v sledovih organske glin. Odrezane mrtve struge so prekrte z nekaj metri debelimi nanosi razmočenega organskega blata, meljev in peskov.

Inženirsko geološka problematika je na širšem območju Prekmurja nezahtevna in omogoča normalno ter lahko hitro gradnjo zemljinskih objektov poljudnih višin. V zanemarljivo majhnih količinah so lokalno potrebne zamenjave tal in razne utrditve. Ker so zamenjave tal v mrtvih koritih ob stalno visokem stanju podzemne vode neizvedljive so korita prečkana s kamnitimi nasipi, ki so jim ob bokih vgrajene bočne ojačitve, te pa so izkoriščene za vodenje potrebnih deviacij poljskih poti.

## **INŽENIRSKA GEOLOGIJA – MED ŽELJAMI IN ZMOŽNOSTMI**

Pod pojmom inženirske geologije lahko razumemo vsa tista dela in dejavnosti, ki so potrebna, da se vedenje o geologiji določenega prostora nadgradi s stanjem in svojstvi prisotne geološke zgradbe in se nato pridobljena dognanja ter izkustva lahko prenese na reševanje konkretnih primerov v praksi projektiranja in izvedbi posegov v tla. V našem primeru to pomeni predvsem servisiranje projektanta z vzhodnimi podatki, ki omogočajo varno in racionalno umeščanje trase prometnice v dani prostor.

Kakšne so te dejavnosti in v kakšni obliki, obsegu ter vsebini se izvajajo je odvisno od številnih faktorjev, ki so različno v odvisnosti od obravnavanega prostora, njegove ocenjene in dejanske problematike, čas, ki je na voljo za rešitev določenega problema, od stopnje predhodno pridobljenih znanj na tem prostoru in tudi ali predvsem od višine finančnih sredstev, ki so predvidena za potrebna dela in so ocenjena na osnovi predhodno pripravljenih načinov in obsega izvajanja del. Vse te postavke morajo biti predhodno obravnavane v projektni nalogi, ki mora podati tudi vsaj ocenjen program del. Priporočljivo in smiselno je, da tudi pripravljalec projektne naloge in programa del v glavnem obvlada problematiko prostora, ki je predmet obdelave.

Inženirsko geološka dejavnost v pogledu servisiranja projektanta prometnice in širše ekipe ni zgolj ozko usmerjena strokovna specialnost v npr. izdelavi inženirsko-geološke karte določenega prostora, opisu prisotne geološke zgradbe in podajanju inženirsko geološke problematike tega prostora. Dognanja in ugotovitve o lastnostih prostora je potrebno razširiti v geotehnično analiziranje sobivanja projektiranega telesa prometnice in razpolagajočega prostora. Koristno in potrebno je tudi osnovno poznavanje geomehanike, hidrogeologije, osnov gradbeništva in okoljevarstva.

Splošno utečene in v praksi potrjene dejavnosti inženirskega geologa znotraj tima projektantov prometnice so v glavnem sledeče:

- pridobitev, pregled in skrbno analiziranje predhodno izvedenih preiskav ter študij v obravnavanem prostoru. Pri tem je na prvem mestu poglobljen pregled Osnovne geološke karte in ustreznega tolmača,
- pregled in analiziranje projektne naloge ter programa del v smislu pravočasne organiziranosti potrebne ekipe sodelavcev ter opreme,
- pregled in po potrebi komentiranje idejnih rešitev, ki jih je projektant zasnoval na podlagi drugih pogojev prostora. Včasih se primeri, da je v začetni fazi projekta na situaciji podana le os prometnice ali največ njen levi in deni rob. V tem primeru je potrebno pridobiti vsaj informativni vzdolžni profil trase in določiti okvirne lege objektov,
- s pomočjo pridobljene situacije se opravi preliminarni obhod terena, ki nakaže osnovno problematiko prostora in pokaže možnost dostopa opreme za izvajanje preiskav,
- okvirne lokacije geotehničnih del (najprej vrtine) se določi v kabinetu in dokončno potrdi na terenu za kar je tudi zadolžen odgovorni inženirski geolog. Podajanje lokacij vrtin geodetu, ki naj bi jih na terenu zakoličil zgolj z označbo na situaciji ali z zbirom koordinat zelenih lokacij je lahko zavajajoč, saj tako vrtina včasih ne bo locirana na problemu primerno mesto,
- pred pričetkom vrtalni del inženirski geolog pripravi okvirni program, ki naj vsebuje pričakovano končno globino vrtine, oziroma v kakšni geološki sredini naj bo vrtina zaključena, število in globine izvedbe spremljajočih geotehničnih meritev ter eventualno potrebno po opremljanju vrtine s piezometrom ali inklinometrom,
- čimprej in največ istočasno z vrtanjem se opravi inženirsko geološki pregled in kartiranje vplivnega koridorja prometnice in po potrebi tudi širšega zaledja. S tem se razširi vedenje o prostoru in lahko se sproti korigira lokacije vrtin. Pri inženirsko geološkem kartiranju se v karto vnese vse hribinske izdanke, določi se lege in vpade vidnih plasti ter pomembnejših razpok,

oceni se tip in debelino preperinskih ter drugačnih pokrovov nad matično kamnino, preuči se stabilnostne razmere v tlorisu trase ter v vplivnem prostoru, določi in vkartira se labilne površine,

ki tako ali drugače izstopajo v prostoru, na aktivnih splazitvah se vkartira in kasneje geodetsko posname odlomne in izrivne robove ter večje razpoke, vriše se izvire, močila in zamočvirjene cone, ob vodotokih pa se pregleda posledice vodne erozije in eventualnega preplavljanja,

- popis vrtin naj izvaja ali pri tem vsaj aktivno sodeluje inženirski geolog, ki je že predhodno spoznal okvirno geološko zgradbo tal. To je pomembno ne le zaradi natančne starostne razmejitve geoloških členov pri izdelavi profilov vrtin, temveč omogoča pridobivanje podatkov za ocenitev geološkega nastanka obravnavanega prostora in ocenitev procesov, ki se bodo v tleh aktivirali v času vgradnje prometnice. Popise je potrebno izvajati v svežem stanju vrtine (velja posebej za zimski čas) in na način, ki omogoča vpogled v notranjost vzorca in ne samo po njegovem plašču. Istočasno s popisom se odvzame in primerno zapakira vzorcev za laboratorijske preiskave, če tega po danih navodilih ni izvedel že vrtalec,
- glede na poznavanje terena, popis vrtin ter ob vedenju kateri prostor bodoče prometnice pokriva odvzeti vzorec je inženirki geolog dolžan pripraviti program laboratorijskih preiskav,
- po zaključenih vrtalnih delih, ko je znanje o prostoru že bolj poglobljeno, se locira še druge vrste geotehničnih meritev, ki jih je predvidel program preiskav,
- vzporedno s terenskimi deli inženirski geolog sodeluje s projektantom v smislu potrjevanja ali dopolnitev projektantskih rešitev in sugerira morebitno potrebne (želene) spremembe poteka trase. Ob stalnem kontaktiranju s projektantom tako ne bo prihajalo do primerov, ko inženirski geolog preučuje določeno traso z dogovorjeno niveleto, projektant pa takrat obdeluje nekaj drugega,
- po zaključenih terenskih in laboratorijskih preiskavah se pridobljene vrednosti skrbno preuči in razporedi na posamezne geološke plasti. Tako je kasneje možno iz zbira podatkov določiti karakteristične lastnosti posamezne plasti, oziroma karakteristične vrednosti tal, ki veljajo za določen predel trase. Če je obravnavani prostor geološko zelo raznolik (primer Slovenskih goric) je potrebna poglobljena analiza pridobljenih podatkov, ki so včasih lahko zavajajoči,
- izdela se poročilo o opravljenih inženirsko geoloških ter geotehničnih preiskavah, ki naj vsebuje inženirsko geološko karto z zbirnim prikazom vseh izvedenih preiskav in natančen opis ugotovljenih geoloških, inženirsko geoloških in hidrogeoloških v vplivnem prostoru projektirane trase. Razdelana zgradba tal naj vsebuje karakteristične vrednosti za vsak nastopajoči geološki člen. S tem izdelkom je vloga inženirskega geologa načeloma zaključena, zaradi specifičnosti projektiranja pa se inženirki geolog navadno prelevi v geotehniko in nadaljuje z geotehnično obdelavo trase, večkrat pa sodeluje tudi kot geomehanik pri določanju načina in pogojev temeljenja objektov,
- z določitvijo karakterističnih vrednosti in potrditvijo projektiranih rešitev, se geostatično preveri profile, ki lahko odločujoče vplivajo na kasnejšo izvedbo prometnice. V primeru negativnih rezultatov (stabilnost vkopa in nasipa, anormni posedki) se predebatira načine odpravljanja teh anomalij. Ponovljena analiza, ki vsebuje predlagano inženirsko rešitev anomalije mora podati pozitiven rezultat.

## LITERATURA

Osnovna geološka karta SFRJ M=1:100000 (Geološki zavod Ljubljana, več avtorjev 1965-1972, 1977- 1987)

Arhiv GI ZRMK d.o.o geološko geotehnični elaborati za trase na obravnavanem prostoru (Špacapan in drugi)