

UDK 630*38:625.725
630*38:657.471

**UTICAJ ISPRUŽENOSTI NIVELETE ŠUMSKIH KAMIONSKIH PUTEVA
NA TROŠKOVE GRADNJE***
**The Impact of the Stretching Road Grade on the Costs of the Forest Roads
Construction**

Muhamed Bajrić¹, Dževada Sokolović¹, Dragutin Pičman², Igor Potočnik³

Abstract

During the selection of the technical elements for the forest truck roads, the designers have at their disposal a variety of possible values from minimal technical elements to optimal technical elements. The minimal technical elements are especially suitable on steep mountain terrains where they enable the embedding of the road route into the terrain. Such forest roads require minimal amount of financial means for construction. However, from the other side, the exploitation of this road is difficult due to both numerous horizontal and vertical curves with minimal radiuses and long longitudinal slopes of the road grade. The upper limit within the range of forest truck roads' technical elements is the selection of as suitable as possible technical elements regardless of the terrain features. For more suitable technical elements for forest truck roads higher costs are needed due to more intensive soil works. The location of the road grade regarding natural terrain has major impact on the scope of the soil works and the costs of forest truck roads. Exploitation with a more restricted road grade imposes the necessity for the analysis of the impact of the road grade stretching to the forest truck roads construction costs.

Key words: forest truck roads, road grade.

Izvod

Pri izboru tehničkih elemenata šumskih kamionskih puteva projektantima stoji na raspolaganju lepeza mogućih vrijednosti, od minimalnih tehničkih elemenata do onih za koje se može reći da predstavljaju optimalne tehničke elemente. Minimalni tehnički elementi su naročito pogodni u teškim planinskim terenima, jer omogućavaju uklapanje trase puta u teren. Ovakav šumski kamionski put zahtijeva najmanje finansijskih sredstava za gradnju. Ali, s druge strane, eksploatacija ovakvog puta je

* Rad prezentiran na međunarodnoj naučnoj Konferenciji "Šumarska nauka između ekonomije i zahtjeva društva", povodom 60. godišnjice Šumarskog fakulta Univerziteta u Sarajevu, Sarajevo, hotel "Hollywood" 8 – 10.10.2008. godine

¹ Šumarski fakultet Univerziteta u Sarajevu – Faculty of Forestry University of Sarajevo

² Šumarski fakultet Sveučilišta u Zagrebu – Faculty of Forestry University of Zagreb

³ Biotehnički Fakultet Univerziteta u Ljubljani - Biotechnical of Faculty University of Ljubljana

otežana zbog velikog broja horizontalnih i vertikalnih krivina sa minimalnim radijusima, kao i zbog velikog uzdužnog nagiba nivelete.

Gornja granica unutar intervala tehničkih elemenata šumskih kamionskih puteva jeste biranje što povoljnijih tehničkih elemenata, bez obzira na terenske karakteristike. Za povoljnije tehničke elemente šumskog kamionskog puta potrebni su viši troškovi gradnje, i to zbog većeg obima zemljanih radova.

Veliki uticaj na obim zemljanih radova, a time i na troškove gradnje šumskog kamionskog puta ima položaj nivelete u odnosu na prirodni teren. Značajne prednosti eksploatacije puta sa što ispruženijom niveletom nameću za potrebu analizu uticaja ispruženosti nivelete šumskog kamionskog puta na troškove gradnje.

Ključne riječi: šumski kamionski putevi, niveleta puta

1. Uvod - Introduction

Pri izboru tehničkih elemenata šumskih kamionskih puteva projektantima stoji na raspolaganju široka lepeza različitih rješenja. Izborom tehničkih elemenata unutar donjeg intervala datog tehničkim propisima trasa šumskog kamionskog puta, trasa puta može se maksimalno uklopiti u teren. Ovakav šumski kamionski put zahtijeva najmanje finansijskih sredstava za gradnju jer je ključni princip u projektovanju prilagođavanje tehničkih elemenata trase puta terenskim uslovima. S druge strane, eksploatacija ovakvog puta je otežana zbog velikog broja horizontalnih i vertikalnih krivina sa minimalnim radijusima. Projektovanje šumskog kamionskog puta prema principu uklapanja trase puta u teren i minimalnim troškovima gradnje znači i projektovanje puta sa velikim uzdužnim nagibom. Direktna posljedica eksploatacije takvog puta je otežana vožnja kako u usponu tako i u padu, brzo ispiranje i odnošenje kolovoza itd. Općenito, na ovakvim putevima nije moguće razvijanje većih brzina, kamioni se brže kvare te sa aspekta eksploatacije ne daju zadovoljavajuće rezultate. Najznačajnija pozitivna strana gradnje ovakvih puteva uz minimalne troškove gradnje je minimalno oduzimanje produktivne šumske površine. Kao jedan od mogućih pristupa gradnji "jeftinih" prilaznih kamionskih puteva, jeste mogućnost konverzija traktorskih vlaka maksimalnog uzdužnog nagiba do 12 % (BAJRIĆ, 2005).

Gornja granica unutar intervala tehničkih elemenata šumskih kamionskih puteva jeste biranje što povoljnijih tehničkih elemenata. Cilj projektovanja ovakvih puteva jeste da se dobije što kvalitetniji i sigurniji put za vožnju. Zbog toga se put projektuje sa što većim dužinama pravaca kako u horizontalnoj tako i u vertikalnoj projekciji, a za horizontalne i vertikalne krivine biraju se što veći radijusi. Takođe, na ovakvim putevima se ne primijenjuju maksimalni uzdužni nagibi, osim na kraćim dionicama puta uz posebno obrazloženje. S ekološke tačke gledišta ovakvi putevi ne nailaze na podršku jer oduzimaju veći dio šumske površine.

Mogući balans između datih krajnosti prilikom izbora tehničkih elemenata šumskih kamionskih puteva može se tražiti u definisanju svrhe i cilja gradnje šumskog kamionskog puta u jednom šumskom području. Tehničke karakteristike šumskih kamionskih puteva su u najvećoj mjeri određene veličinom saobraćajnog

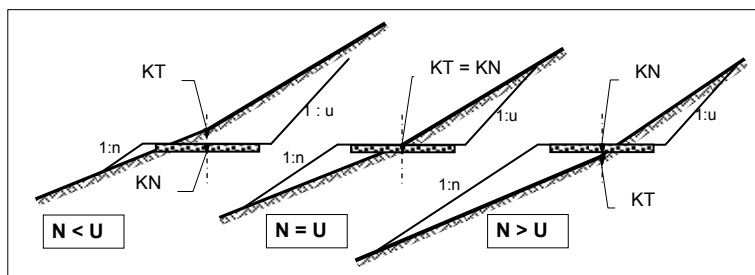
opterećenja, naročito ako put ima funkciju podržavanja ekonomičnog gazdovanja šumama. Tehnički elementi šumskog kamionskog puta kojim će se transportovati cjelokupna posječena drvena masa iz jedne gospodarske jedinice trebaju omogućiti da transport drveta bude što brži i što jeftiniji.

Za povoljnije tehničke elemente šumskog kamionskog puta potrebni su viši troškovi gradnje zbog većeg obima zemljanih radova. Veliki uticaj na obim zemljanih radova, a time i troškove gradnje, ima položaj nivelete u odnosu na prirodni teren. Eksploatacija šumskog kamionskog puta sa što ispruženijom niveletom pruža niz prednosti zbog kojih je potrebno ovakvu vrstu nivelete analizirati sa raznih aspekata, a u ovom radu je izvršena analiza uticaja ispruženosti nivelete šumskog kamionskog puta na troškove gradnje.

2. Metode rada - *Research methods*

Za analizu je korišten glavni projekat šumskog kamionskog puta „Radonjičko raskršće - odjel 94“, radeno za Šumsko gazdinstvo „Jahorina“ Pale. Dionica šumskog kamionskog puta koja je odabrana za analizu nalazi se od profila br. 213 do profila br. 300 (od stacionaže 2+392 do stacionaže 3+494 m). Analiza uticaja ispruženosti nivelete šumskog kamionskog puta je urađena klasičnim metodom:

- crtanje različitih varijanti nivelete šumskog kamionskog puta na uzdužnom profilu,
- crtanje pratećih poprečnih profila,
- mjerenje površina poprečnih profila,
- obračun obima zemljanih radova.



Slika 1. Šematski prikaz uticaja različitih položaja nivelete kamionskog puta na obim zemljanih radova (Pičman, 2007)

Figure 1. The scheme of impact of different positions of road grade of truck road on the terrain works scope, (Pičman, 2007)

3. Rezultati istraživanja - *Research results*

3.1 Maksimalni uzdužni nagib nivelete -

The maximum longitudinal slope of the road grade

Niveleta šumskih puteva treba po pravilu da bude gravitaciona, tj. da natovareno vozilo ide iz šume u padu. Usponi u smjeru izvoza dozvoljavaju se samo u

rijetkim i posebno obrazloženim slučajevima. Protuusponi se dozvoljavaju na trasama u nagibu ispod 1%, gdje su potrebni zbog pravilnog oticanja vode.

Prema privremenim tehničkim propisima u BiH (1957) maksimalni dozvoljeni nagibi nivelete u smjeru izvoza su:

- Ia i Ib kategorija6 % (8 %),
- II kategorija8 % (10 %),
- IIIa i IIIb kategorija 10 % (12 %).

Vrijednost u zagradi primijenjuje se samo u rijetkim slučajevima.

U teškim planinskim terenima, gdje na dužim potezima dolaze krivine sa minimalnim radijusima maksimalni nagib ne smije biti veći od 6 %.

U serpentinama nagib ne smije prelaziti 3 %, a u opravdanim slučajevima 4 %.

Sve prelome nivelete veće od 2 % treba izvesti sa vertikalnim kružnim krivinama. Minimalni radijus za puteve Ia, Ib i II kategorije iznosi 1000 m, a konkavnih 500 m. Na putevima IIIa i IIIb kategorije minimalni radijus vertikalnih krivina iznosi za konveksne 500 m, a za konkavne 200 m.

Pojavom novih vozila za transport šumske mase očekivalo se da će se postojeći propisi maksimalnih dozvoljenih nagiba nivelete puta značajno povećati. Međutim pokazano je da ta očekivanja nisu opravdana jer nova vozila, iako imaju snažnije motore i mogu istovremeno transportovati veću količinu drveta, ipak nisu u mogućnosti izvršiti kočenje pri vožnji natovarenog kamiona niz strmi šumski kamionski put. Drugi razlog zbog kojeg veći nagibi nivelete šumskih puteva nisu pogodni jeste brzo propadanje kolovoza, zbog brzog oticanja vode i nastanka bujičnih tokova. Tehničke karakteristike šumskih kamionskih puteva prema različitim autorima date su u narednim tabelama.

Tabela 1. Tehničke karakteristike šumskih puteva u Republici Hrvatskoj (ŠIKIĆ I DR. 1989.)
Table 1. Technical characteristics of forest roads in the Republic of Croatia (Sikić and others 1989)

Kategorija šumske ceste – <i>Category of forest road</i>	Maksimalni uzdužni nagib šumskih puteva <i>Maximum longitudinal slope of forest roads</i>		
	%		
	Nizinski teren <i>Low terrain</i>	Brdski teren <i>Hilly terrain</i>	Planinski teren <i>Mountainous terrain</i>
Spojne šumske ceste <i>Connecting forest roads</i>	4	8 (12)*	8(12)*
Glavne šumske ceste <i>Major forest roads</i>	4	6(8)*	6(8)*
Sporedne šumske ceste <i>Minor forest roads</i>	4	6	15(20)*
Prilazne šumske ceste <i>Accessing forest roads</i>	4	6	15(20)*

Tabela 2. Podjela šumskih puteva na strmim terenima FAO 1998.
Table 2. Division of the forest roads on steep terrains FAO 1998

Vrsta šumskog puta <i>Type of forest road</i>	Širina planuma, m <i>Width of road surface</i>	Širina kolovoza, m <i>Width of carriageway</i>	Maksimalni uzdužni nagib, % <i>Maximum longitudinal slope</i>	
			U smjeru transporta <i>In the direction of transport</i>	U suprotnom smjeru <i>In the opposite direction</i>
Glavni šumski put <i>Main forest road</i>	5,0	4,5	9	6
Sporedni šumski put <i>Minor forest road</i>	4,5	3,5	10 (12)*	8

* - maksimalni uzdužni nagib samo za kratke dionice.
- *maximum longitudinal slope only for short distances.*

Tabela 3. Tehničke karakteristike šumskih puteva u Austriji (STAMPFER 2005)
Table 3. Technical characteristics of forest roads in Austria-Stampfer 2005

Osnovne tehničke karakteristike <i>Basic technical characteristics</i>	Glavni šumski putevi <i>Main forest roads</i>	Primarni šumski putevi <i>Primary forest roads</i>	Sekundarni šumski putevi <i>Secondary forest roads</i>
Širina kolovoza, m <i>Width of carriageway, m</i>	7-9	3,5 – 4,5	3 - 4
Širina planuma, m <i>Width of road surface, m</i>	> 9(10)	5 – 7	5 - 6
Radius horizontalnih kružnih krivina, m <i>Radius of horizontal circular curves, m</i>	40 / 50	> 20 / 16	> 20 / 16
Uzdužni nagib, % <i>Longitudinal slope</i>	2 - 6	2 – 8 (10)	2 – 8 (10)

3.2 Tehnički elementi postojeće nivelete *Technical elements of the existing road grade*

Za analizu uticaja ispruženosti nivelete šumskih puteva na troškove gradnje uzet je izrađeni glavni projekat šumskog kamionskog puta „Radonjičko raskršće – odjel 94“, dužine 3494 m koje se nalazilo u okviru šumskog gazdinstva „Jahorina“ Pale.

Odabrana dionica šumskog puta na kojoj će se vršiti korekcija nivelete je od stacionaže 2 + 392 do stacionaže 3 + 494 m i ukupne je dužine 1102 m. Kategorije zemljišta kroz koje prolazi odabrana dionica su:

- III kategorija 40 %
- IV kategorija 50 %
- V kategorija 10 %.

Predviđena je izgradnja šest propusta i to tri propusta Ø 60 cm, po jedan propust Ø 40, 80 i 100 cm. Predviđena je izgradnja dva armirano-betonska propusta sistema „Karpoš“ L = 4,0 m. Dio odabranog puta je osiguran drenažama od profila broj 46 do broja 64. Nagibi škarpi usjeka variraju unutar intervala 1:1 do 3:1, a nagibi škarpi nasipa su 1:1,3. Na mjestima gdje se javljaju prelomi nivelete veći od $\pm 2\%$ planirane su vertikalne krivine. Na postojećoj niveleti planirano je ukupno devet vertikalnih krivina radijusa između 700 – 1500 m.

Šematski prikaz uzdužnog profila sa postojećom niveletom dat je na slici 2. Nagib postojeće nivelete uzet iz projekta šumskog kamionskog puta po dionicama dat je u tabeli 4.

Tabela 4. Pregled nagiba postojeće nivelete po dionicama

Table 4. The review of the existing road grade slopes by road parts

Nagib nivelete, % Road grade slope %	7,4	-3,5	2,1	-5,3	3,2	-7,2	6,2	1,1	5,7	0,5
Dužina puta, m Road length, m	64,0	112,0	92,00	112,00	96,00	142,00	139,00	182,5	83,5	75,5

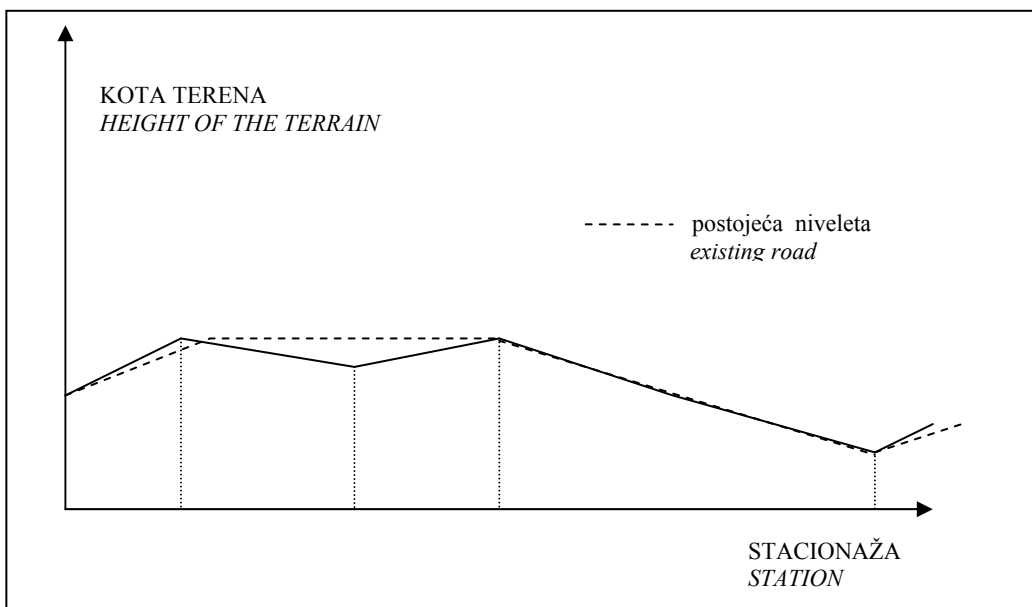
Podaci o površinama otkopa i nasipa za analiziranu dionicu šumskog kamionskog puta – za ukupno 88 poprečnih profila su analizirani u tabeli „iskaz kubature masa“ i dobili su se sljedeći rezultati:

Obim zemljanih masa za postojeću niveletu:

- otkop4893,48 ili 4,44 m³ po m dužnom puta,
- nasip4138,23 ili 3,75 m³ po m dužnom puta.

Izdvojeno po kategorijama zemljišta za usjek:

- III kategorija 4893,48 x 0,4 = 1957,39 m³,
- IV kategorija 4893,48 x 0,5 = 2448,74 m³,
- V kategorija 4893,48 x 0,1 = 489,35 m³.



Slika 2. Šematski prikaz uzdužnog profila sa postojećom niveletom
 Figure 2 Scheme of the longitudinal profile with the existing road grade

3.3 Tehnički elementi korigovane nivelete – varijanta 1 The technical elements of modified road grade – variant 1

Cilj korekcije postojeće nivelete puta bio je polaganje što ispruženije nivelete. U tom smislu položena je niveleta – varijanta 1 na kojoj je planirano ukupno tri vertikalne krivine radijusa 1000 – 3000 m. Nagibi dionica nivelete koja je data sa ciljem što veće ispruženosti iste dati su u tabeli 5. Šematski prikaz uzdužnog profila sa korigovanom niveletom – varijanta 1 dat je na slici 3.

Tabela 5. Pregled nagiba nivelete po dionicama – varijanta 1
 Table 5. The review of the road grade slopes by road parts – variant 1

Nagib nivelete, % Road grade slope %	7,2	-1,2	-2,7	-3,8	4,1	2,4
Dužina puta, m Road length, m	53,00	287,00	190,00	98,00	165,50	308,50

Za predloženu niveletu šumskog kamionskog puta – varijanta 1 - nacrtani su poprečni profili i obračunat obim zemljanih masa:

Obim zemljanih masa za korigovanu niveletu – varijanta 1:

- otkop6045,15 ili 5,48 m³ po m dužnom puta,
- nasip5336,23 ili 4,84 m³ po m dužnom puta.

Izdvojeno po kategorijama zemljišta za usjek:

- III kategorija $6045,15 \times 0,4 = 2418,00 \text{ m}^3$,
- IV kategorija $6045,15 \times 0,5 = 3022,57 \text{ m}^3$,
- V kategorija $6045,15 \times 0,1 = 604,52 \text{ m}^3$.

Upoređivanjem nivelete – varijanta 1 - sa postojećom niveletom uočene su značajne prednosti nivelete – varijanta 1, a to su:

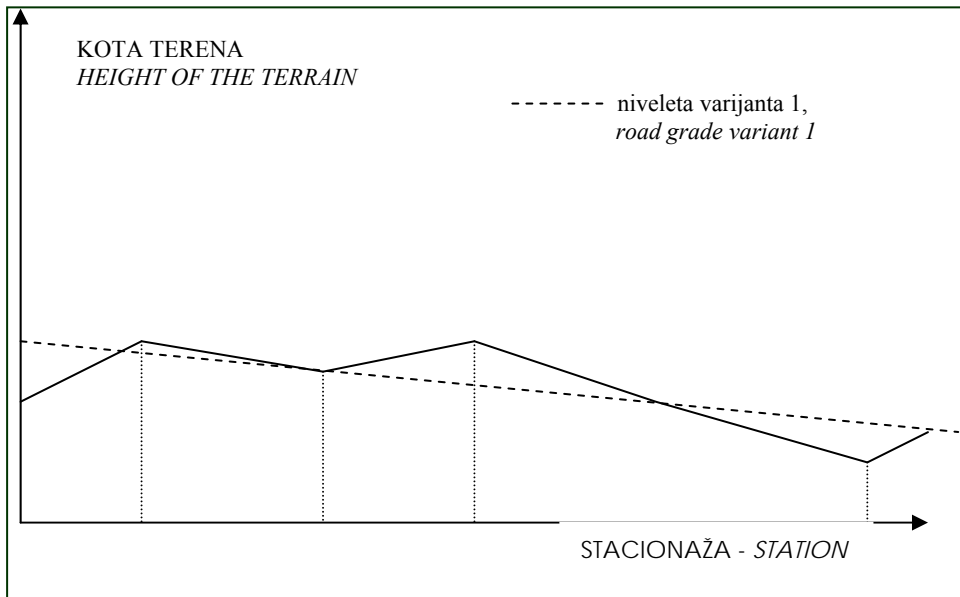
- jasno naglašena ispruženost radi manjeg broja vertikalnih krivina i većih radijusa vertikalnih krivina,
- značajno smanjenje nagiba nivelete po dionicama,
- nagibi nivelete su u granicama optimalnih čime se smanjuje mogućnost razlokavanja kolovoza uslijed oborinskih voda,
- dobijen je povoljniji odnos obima zemljanih radova u usjeku i nasipu, što je dovelo do smanjenja viška otkopa sa $754,75$ na $708,92 \text{ m}^3$.

Navedene prednosti daju mogućnost:

- veće brzine vožnje,
- većeg intenziteta saobraćaja u jedinici vremena,
- veće preglednosti saobraćaja u toku vožnje.

Najznačajniji negativni rezultat nivelete – varijanta 1, u poređenju sa postojećom niveletom, jeste veći obim zemljanih radova kako u usjeku tako i u nasipu:

- usjek sa $4893,48$ na $6045,15 \text{ m}^3$ ili sa $4,44$ na $5,48 \text{ m}^3$ po metru dužnom,
- nasip sa $4183,23$ na $5336,23 \text{ m}^3$ ili sa $3,75$ na $4,84 \text{ m}^3$ po metru dužnom.



Slika 3. Šematski prikaz uzdužnog profila sa korigovanim niveletom – varijanta 1
Figure 3. Scheme of the longitudinal profile with a modified road grade – variant 1

3.4 Tehnički elementi korigovane nivelete – varijanta 2

Technical elements of the modified road grade – variant 2

Korekcija postojeće nivelete - varijanta 2 urađena je sa ciljem što bolje prilagođenosti terenskim uvjetima. Na predloženoj niveleti – varijanta 2 planirano je ukupno devet vertikalnih krivina radijusa između 550 – 2000 m.

Nagibi pojedinih dionica nivelete – varijanta 2 dati su u tabeli 6. Šematski prikaz uzdužnog profila sa korigovanom niveletom – varijanta 2 dat je na slici 4.

Tabela 6. Pregled nagiba nivelete po dionicama – varijanta 2
 Table 6. The review of the road grade slopes by road parts – variant 2

Nagib nivelete, % <i>Road grade slope %</i>	7,4	-3,5	3,0	-5,1	5,0	-6,5	7,3	-3,4	4,0	1,3
Dužina puta, m <i>Road length, m</i>	64	128	76	119	75	173	132	67	199	75,5

Nakon crtanja poprečnih profila za niveletu - varijanta 2 izvršeno je mjerenje površina otkopa i nasipa i uražen je obračun zemljanih masa.

Obim zemljanih masa za korigovanu niveletu – varijanta 2:

- otkop4831,25 ili 4,38 m³ po metru dužnom puta,
- nasip3334,35 ili 3,03 m³ po metru dužnom puta.

Izdvojeno po kategorijama zemljišta za usjek:

- III kategorija4831,25 x 0,4 = 1932,5 m³,
- IV kategorija 4831,25 x 0,5 = 2415,62 m³,
- V kategorija 4831,25 x 0,1 = 483,13 m³.

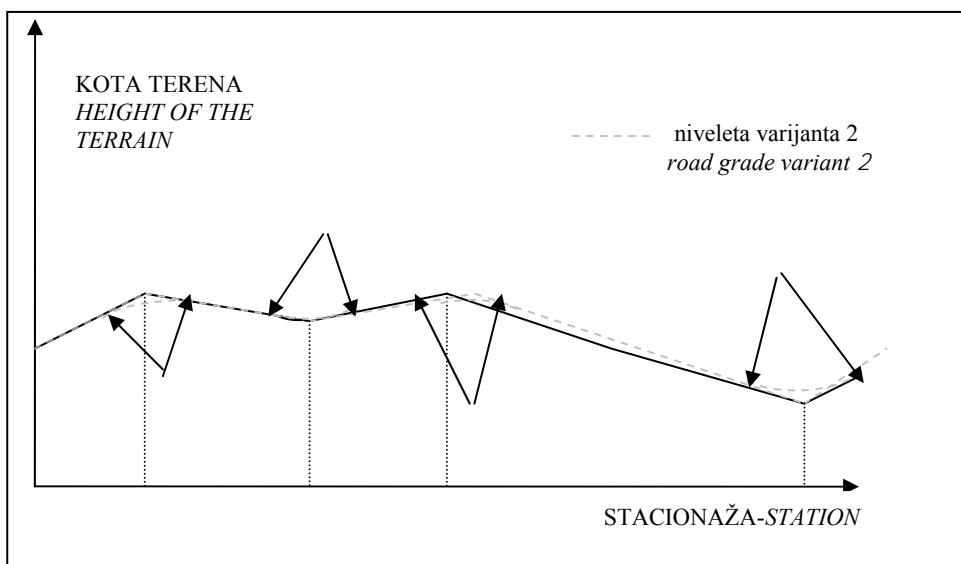
Upoređivanjem predložene nivelete – varijanta 2 sa postojećom niveletom šumskog kamionskog puta vidimo da je došlo do značajnog smanjenja obima zemljanih radova u nasipu, dok je smanjenje u usjeku neznatno:

- usjek sa 4893,48 m³ na 4831,25 m³ ili sa 4,44 m³ na 4,38 m³ po metru dužnom puta,
- nasip sa 4138,23 m³ na 3334,35 m³ ili sa 3,75 m³ na 3,03 m³ po metru dužnom puta.

Značajno ograničenje u smislu prilagođavanja nivelete terenu predstavlja predviđen veliki broj objekata na odabranoj dionici (šest propusta različitih profila i dva armirano-betonska propusta sistema „Karpoš“ L=4,0 m) (BAJRIĆ, 1997).

Zbog svega navedenog, nedostaci nivelete – varijanta 2 znatno su više došli do izražaja od njenih prednosti. Nedostaci ovog rješenja su:

- povećanje nagiba nivelete na pojedinim dionicama što može biti uzrok razlokavanja kolovoza uslijed oborinskih voda,
- oštri lomovi vertikalnih krivina značajno utiču na smanjenu preglednost saobraćaja,
- došlo bi do smanjenja brzine vožnje čime bi se smanjio intenzitet saobraćaja u jedinici vremena.



Slika 4. Šematski prikaz uzdužnog profila sa korigovanim niveletom – varijanta 2
Figure 4. Scheme of the longitudinal profile with a modified road grade – variant 2

4. Zaključak - Conclusion

Rezultati obima zemljanih radova korigovane nivelete – varijanta 1 u poređenju sa postojećom niveletom na odabranoj dionici šumskog kamionskog puta su povećanje:

- usjeka sa $4,44 \text{ m}^3$ na $5,48 \text{ m}^3$ po metru dužnom
- nasipa sa postojećih $3,75 \text{ m}^3$ na $4,84 \text{ m}^3$ po metru dužnom.

Korigovana niveleta – varijanta 2 je položena sa ciljem što boljeg uklapanja u teren. Kao rezultat korekcije nivelete, došlo je do smanjivanja količine zemljanih radova, koje je posebno izraženo u nasipu:

- nasip sa $3,75 \text{ m}^3$ na $3,03 \text{ m}^3$ po metru dužnom puta.

Nakon dobijenih rezultata provedene analize možemo zaključiti da značajne prednosti ispružene nivelete kao što su povećanje brzine vožnje, veći intenzitet saobraćaja, veća preglednost saobraćaja u toku vožnje i sl., odlučujuće su za izbor ovakve nivelete u uslovima kada se od puta očekuju navedene karakteristike. Na glavnim šumskim kamionskim putevima osnovna težnja jeste njihova ispruženost.

Prilagođavanje nivelete terenu, što je postignuto korigovanim niveletom – varijanta 2, dovodi do smanjenja obima zemljanih radova. Međutim, veliki nagibi nivelete uz česte vertikalne krivine dovode do smanjenja brzine vožnje, intenziteta saobraćaja i preglednosti. Zbog toga je ovakva vrsta nivelete pogodna na manje frekventnim šumskim kamionskim putevima, npr. sporednim.

5. Literatura - References

- BAJRIĆ, M., 1997: Uperedna analiza korekcije nivelete na šumskom kamionskom putu, Diplomski rad, Šumarski fakultet, Sarajevo.
- BAJRIĆ, M., 2005: Mogućnost konverzije glavnih traktorskih puteva nagiba do 12 % u prilazne kamionske puteve, Magistarski rad, Šumarski fakultet, Sarajevo.
- FAO, 1998: A Manual for the planning, design and construction of forest roads in steep terrain, p. 1 – 188.
- PIČMAN, D., 1993: Utjecaj konfiguracije terena i hidrografskih prilika na ekonomsku opravdanost izgradnje optimalne mreže šumskih prometnica, Disertacija, Šumarski fakultet Zagreb.
- PIČMAN, D., 2007: Šumske prometnice, sveučilišni udžbenik. Šumarski fakultet Sveučilišta u Zagrebu, str. 1-460.
- POTOČNIK, I., 1996: Mnogonamenska raba gozdnih cest kot kriterij za njihovo kategorizaciju. Disertacija, Universa v Ljubljani, Biotehniška fakulteta, Odelek za gozdarstvo, str. 1 - 241.
- Privremeni tehnički propisi za projektovanje šumskih puteva u BiH, 1957.
- SOKOLOVIĆ, DŽ., 2008: Uticaji nagiba terena na pravilan izbor vrste šumskog transportnog sredstva, Disertacija, Šumarski fakultet, Sarajevo
- ŠIKIĆ, D., BABIĆ, B., AT ALL 1989: Tehnički uvjeti za gospodarske ceste, Znanstveni savjet za promet JAZU, Zagreb.
- Glavni projekat šumskog kamionskog puta „Radonjičko raskršće - odjel 94“, Šumsko gazdinstvo „Jahorina“ Pale.

Summary - Sažetak

Designing of the forest truck roads by establishing an adequate balance between technical, economical and environmental factors is a very complex task for designers. It is very difficult to design the road which will have the best technical elements, maximum adjustment to the terrain conditions, minimum construction costs and the best exploitation results at the same time. The significant factor in these analyses is the longitudinal slope of the road grade of the forest truck roads. In this paper three variants of the road grade of the forest truck roads has been given. After the analysis was carried out the results indicated that more stretched road grades with more suitable longitudinal slopes (variant 1) obviously require an increase in the terrain works scope:

- cut in from 4,44 m³ to 5,48 m³ per meter of length
- filled from the existing 3,75 m³ to 4,84 m³ per meter of length.

The road grade with better adjustment to the terrain, frequent vertical curves of smaller radii and higher longitudinal slopes (variant 2 in this paper) has been characterized by smaller scope of the terrain works in comparison with other proposed variants.

During the design works of the road grade longitudinal slope of the forest truck roads it is necessary to take into consideration the following elements significant in the road exploitation: velocity, safety, maintenance costs, long-term exploitation of the road, etc. Because of that, in the situations when these factors are dominant we shall have to design the road grade with a longitudinal slope which fulfils the requirements in the road exploitation (in this paper – the road grade proposed in variant 1). On the other hand, if the best adjustment to the terrain conditions and minimum construction costs are expected from the forest truck road, the solution will be the road grade of forest truck road, in principle, the road grade which has been proposed in variant 2 in this paper.