

# Geomorfološka obilježja gornjeg toka rijeke Sutle

**Zdravka Žiger, Andrija Bognar**

Dolina rijeke Sutle oblikovana je na području SZ Hrvatske u sklopu Panonskog bazena. Geomorfološkom analizom i sintezom te metodom geomorfološkog kartiranja istražena je dolina gornjeg toka rijeke Sutle od izvora do Kumrovečke zavale. Kompozitno obilježje doline je reljefni izraz njenog složenog geomorfološkog razvoja. U njenom oblikovanju odlučujući su utjecaj imali fluvio – denudacijski, fluvijalni procesi i tektonika.

**Ključne riječi:** geomorfološka analiza, geomorfološko kartiranje, fluvijalni procesi, tektonika, Sutla

## **Geomorphological Characteristic of Upper Flow River Sutla**

River Sutla valley was developed as a part of Panonian basin in NW part of Croatia. The research of upper flow river Sutla from well till plain of Kumrovec has been made using analysis, synthesis and the methods of geomorphological mapping. Character of valley is complex. Valley is poligenetic origin, which means that in its modeling fluvial and denudation processes and tectonic had the major influence.

**Keywords:** geomorphologic analysis, geomorphologic mapping, fluvial processes, tectonics, Sutla

## **UVOD**

Dolina rijeke Sutle dio je makrogeomorfološke regije gorsko-zavalskog prostora SZ Hrvatske i SI Slovenije. Gornji tok rijeke između njenog izvorišnog dijela u pobrđu Maceljske gore pa do Zagorskih Sela dio je mezogeomorfološke cjeline gorskih nizova i pobrđe Hrvatskog zagorja, koja je pak u širem smislu dio megageomorfološke regije Panonskog bazena. (Bognar 1999.)

Područje istraživanja ovog rada, od izvora do Kumrovečke zavale, dosad je proučavano kao dio većih cjelina. Geotektonski kontakt Panonskog bazena, Unutrašnjih Dinarida, te istočnih Alpa u okviru istraživanog područja u znatnoj je mjeri utjecao na relativno složen geomorfološki razvoj doline rijeke Sutle i njenog bazena poriječja. Reljefni izraz toga jest kompozitni karakter doline. To znači da se na uzdužnom profilu doline smjenjuju kotlinska proširenja i suženja-sutjeske. To je obilježje doline rijeke Sutle od izvora do Zagorskih Sela: uski duboki izvorišni dio doline V izreza poprečnog profila, dolinsko proširenje kod Lupinjaka - Hromca, zatim slijedi sutjeska - suženje Sutle nizvodno od Strmca Humskog do Rogateca, relativno uska dolina ravnog dna (dijelom ujezerena - Sutlansko jezero)

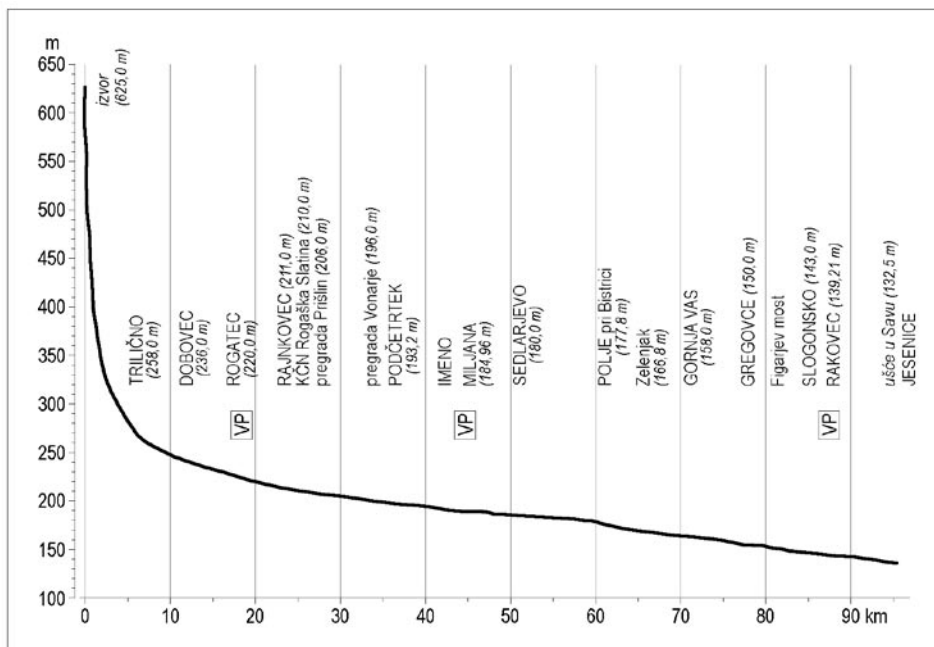
između Atomskih toplica i Rogateca, suženje - sutjeska s obilježjem probojnice između Desiničke gore (Štruklečev brijeg, 485 m) i gorskog uzvišenja Rudnice (Plešivec, 686 m) te konačno proširenje doline između Poljane Sutlanske i Zagorskih Sela.

Navedeni dijelovi doline ulaze u okvire više subgeomorfoloških regionalnih cjelina:

1. Dolinsko proširenje između Zagorskih Sela i Miljane, te sutjeska između Desiničke gore i Rudnice participiraju u submorfološkoj regiji Kuna-gore i Desiničke gore s predgorskim stepenicama, pobrđem Horvatske te Marijagoričkim pobrđem. U tu submorfološku regiju prirodno ulaze i gorsko uzvišenje Rudnice, te pobrđe sa slovenske (zapadne) doline Sutle između Miljane i Zagorskih Sela.<sup>1</sup>

2. Uzvodni dio rijeke Sutle sve do njenog izvorišta, svojim najvećim dijelom ulazi u subgeomorfološku cjelinu Ravne gore s Maceljskim pobrđem. Izuzetak čini samo ujezereni dio doline u SZ podnožju Desiničke gore koji se može shvatiti kao dio prve spomenute submorfološke regije (Sl. 1).

Unutar navedenih subgeomorfoloških regija izdvojiti se može nekoliko mikromorfoloških regionalnih cjelina: istočni dio pobrđa Horvatske, dolina rijeke Sutle između Miljane i Zagorskih sela, zapadni dio pobrđa Horvatske (u Republici Sloveniji), gorski hrbat Desiničke gore i gorski hrbat Rudnice (u Republici Sloveniji) mikrorogije su subgeomorfološke cjeline Kuna- i Desinič- gore i gorskog hrpta Rudnice s predgorskim stepenicama i pobrđem Horvatske, dok je podgorje Vinagore i Kuna-gore s dolinom Sutle s Maceljskim gorjem mikrorogija subgeomorfološke regije Ravne gore s Maceljskim pobrđem.



Sl.1. Uzdužni profil rijeke Sutle sa «0» kotama

Fig.1. Longitudinal profile of the river Sutra with «0» point elevations of water level.

Za nastanak doline važna je geotektonska evolucija područja najmlađe neotektonske faze tijekom pliocena i kvartara kada je došlo do izmjene tektonskog potiska iz pravca JZ-SI u pravac SSZ-JJI. U bazenu poriječja prevladavaju neogenske i kvartarne naslage. Izuzetak tome čine dijelovi područja gorskog hrpta Desiničke gore i gorskog hrpta Rudnice oblikovane u dolomitima trijaskе starosti.

## GEOMORFOLOŠKA ANALIZA

Dolina rijeke Sutle oblikovana je međuovisnošću djelovanja fluvijalnih i derazijskih procesa i tektonskih pokreta, posebno onih tijekom mlađe neotektonske faze geotektonske evolucije područja. U skladu s tim različitim prirodno-geografskim i geološkim preduvjetima u pojedinim fazama modeliranja doline Sutle, ona ne pokazuje jedinstvena geomorfološka obilježja. U orografskom i morfogenetskom, te morfostrukturnom smislu može se izdvojiti šest jasno diferenciranih dijelova doline Sutle, i to:

1. Izvorišni dio doline Sutle u okviru Maceljskog pobrđa (od izvora do Hromca)
2. Dolinsko proširenje Sutle od Hromca do Strmca Humskog
3. Sutjeska Sulte od Strmca Humskog do početka proširenja doline Sutle, istočno od Rogateca
4. Relativno uska dolina Sutle ravnog dna od Rogateca do Atomskih toplica (djelomično ujezerena-Sutlansko jezero) obilježena izmjenom manjih proširenja i suženja
5. Suženje - sutjeska s obilježjem probojnice između Desinić gore i gorskog uzvišenja Rudnice (od Atomskih toplica do poljane Sutlanske)
6. Proširenje doline od Poljane Sutlanske do Zagorskih sela obilježeno s dva manja kotlinska proširenja, prvo u području Miljana - Imeno, a drugo između Zagorskih sela - Sedlarjeva, te manjim suženjem između Plavića - Prelaskog.

Izvorišni dio doline Sutle (od izvora do Hromca) u okviru Maceljskog pobrđa ima obilježja uske duboke doline V izreza poprečnog profila koji nesumnjivo ukazuje na kontinuirano izdizanje. Tektonska predispozicija izražena je u asimetriji dolinskih strana. Pretežito radijalni raspored dolina pritoka i derazijskih dolina pojedinih brdskih uzvišenja uz dolinu dokaz je blokovske mikrotektonske razlomljenosti terena (brdski blok Sp. Log - 486 m, M. Kravnjak, Trubeljak, Jurjevec). U skladu s tim je i energija reljefa koja ulazi u kategoriju raščlanjenog reljefa od 100-300 m/km<sup>2</sup>. Nagibi dolinskih strana kreću se od 12-32°.

Dolinsko proširenje Sutle od Hromca do Strmca Humskog također je tektonski preduvjetovano i to križanjem rasjeda pravca pružanja ISI-ZJZ i sa sustavom rasjeda pravca pružanja I-Z. Erozijskom aktivnošću vodotoka intenzivno smrvljenim pretežito klastičnim naslagama oligomiocenske starosti (Ančić, Juriša 1984) dolina je proširena i oblikovana je aluvijalna ravnica. Izražena je relativno velika energija reljefa (preko 100 m/km<sup>2</sup>) tog dijela bazena poriječja. Razmrvljenost klastičnih naslaga pospješila je aktivnost padinskih procesa što je imalo za posljedicu smanjenje nagiba dolinskih strana (5-12°). I na SZ i na JI dolinskoj strani uočena je pojava erozijskog poda 20 do 50 m iznad naplavne ravnice



Fot. 1. Pogled prema S na dolinu rijeke Sutle u njenom izvorišnom dijelu prema St. Glažutu, (autor: Andrija Bognar)

*Phot. 1. A view (towards the N) of the upper stream of the river Sutla valley near St. Glažut, (author: Andrija Bognar)*

toka. Različita visina i diskontinuiranost erozijskog poda s jedne strane je rezultat disekcije poda padinskim procesima spiranja i jaruženja, a s druge različitog intenziteta tektonskih pomaka nakon njihovog oblikovanja (Fot. 1 i 2).

Sutjeska Sutle od Strmca Humskog do početka nešto proširenije doline Sutle istočno od Rogateca ima izrazito meandarski ocr. Oblikovana je na kontaktu miocenskih i oligocenskih klastičnih sedimenata (pješčanjak, kreneni pijesak, konglomerat, pjeskovita glina, pješčani lapor) (Anić, Jutriša 1984). Meandarski ocrt doline je izraz mlađeg intenzivnijeg rasjedno uvjetovanog izdizanja brdskog bloka Strmca Humskog (381 m) i bloka Kurji vrh (354 m). Rijeka Sutla nije mogla svojom erozijskom snagom kompenzirati izdizanje pa je stoga prisiljena zaobići navedene blokove što se odrazilo na vijugavi ocrt njenog uzdužnog profila. Tektonska aktivnost je pojačala i erozijsku snagu vodotoka koji je oblikovao duboku sutjesku strmih strana (12-32°). Izraženija tektonska razlomljenost stijenske podloge rezultirala je intenzivnijom aktivnošću padinskih procesa (jaruženja, spiranje i kliženje). Oblikovan je i niz jaruga i derazijskih dolina.

Relativno uska dolina Sutle ravnog dna od Rogateca do Atomskih toplica obilježena je izmjenom manjih proširenja i suženja. Sutla ima izrazito laktasti ocrt uzdužnog profila što upućuje na tektonsku predispoziciju u oblikovanju doline i to uz rasjede pravca IJI-ZSZ, S-J i SI-JZ. U relativno širokoj rasjednoj zoni IJI-ZSZ, u sektoru Rogatec, dolina uzvodno od Rogateca je uska ravnog dna (100-250 m), dok je nizvodno od Rogateca oblikovano (u dužini od 2,5 km) manje proširenje (maksimalno 500 m) s lijepo razvijenom naplavnom ravnicom. Nagibi dolinskih strana su relativno veliki (5-12°). Većina padina je konveksnog

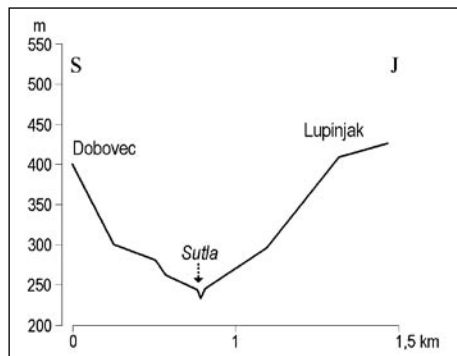
ocрта što upućuje na mlađu tektonsku aktivnost i izdizanje. I na ovom dijelu doline Sutle su uočeni erozijski podovi manjih relativnih visina (30-50 m). Na sutoku potoka Draganje s rijekom Sutlom unutar samog naselja Rogatec utvrđena su dva akumulacijska terasna fragmenta na kojima su se razvili dijelovi gradskog naselja. Predstavljaju de facto ostatke pleistocenske plavine potoka Draganje koju je rijeka Sutla bočnom erozijom podsjekla oblikovavši vrlo lijepo izražene erozijske strnce.

Slijedi suženje doline Sutle ispod brdskog bloka Vrtlarev brijeg. Kao izraz kompresije dva nasuprotna tektonska bloka, dolina Sutle i njezina aluvijalna ravnica se tu suzuje na 100-150 m širine. Nizvodno od suženja u dužini od 1,5 km dolina Sutle se ponovo proširuje do maksimalno 700-800 m u blizini Malog Tabora. Nastanak proširenja uvjetovano je križanjem rasjeda pravca pružanja IJI-ZSZ koji su mrvljenjem stijenske mase potencirali lateralnu erozijsku snagu vodotoka, ali i padinske procese. Nizvodno slijedi suženje doline na 100-150 m širine na dužini od 150-200 m kao izraz mlađeg izdizanja i kompresije dvaju manjih nasuprotnih brdskih blokova (Rjavice 302 m i Prišlina 240 m). Nizvodno od te sutjeske rijeka Sutla u dužini od 7 km ima generalno lučni ocrt s tim da u njenom centralnom dijelu izraženo lokalno laktasto skretanje (D. Brezno - Nimno), što je s jedne strane posljedica križanja rasjeda pravca pružanja SSZ-JJI, ISI-ZJZ, ZSZ-IJI i vjerojatno horizontalnog pomaka uz lijevi smičući rasjed pravcem SSZ-JJI. Tu je formirana akumulacija Sutlansko jezero dužine 7 km koja počinje ustavom južnije od Pristavice. Akumulacija ima lučni ocrt generalnog pružanja SZ-JI. Najširi dio akumulacije nalazi se

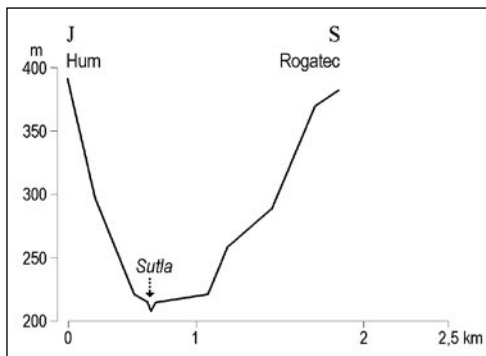


Fot. 2. Pogled prema JI na usku dolinu rijeke Sutle kod Vidina s tragovima erozijskog poda, (autori: Zdravka Žiger Žgela, Andrija Bognar)

*Phot. 2. A view (towards the SE) of the narrow part of the river Sutla valley near Vidina showing traces of erosional terraces, (authors: Zdravka Žiger Žgela, Andrija*



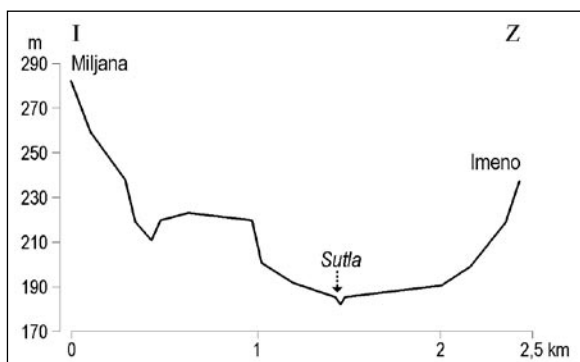
Sl. 2. Poprečni morfološki profil doline rijeke Sutle na području Dobovec – Sutla - Lupinjak  
 Fig. 2. *Transversal morphological cross section of the river Sutla valley Dobovec –Sutla - Lupinjak*



Sl. 3. Poprečni morfološki profil doline rijeke Sutle na području Hum na Sutli – Sutla - Rogatec  
 Fig. 3. *Transversal morphological cross section of the river Sutla valley between Hum na Sutli – Sutla - Rogatec*

u SZ podnožju gorskog hrpta Desiničke gore (500-700 m). Taj dio doline Sutle predstavlja predgorsku potolinu Desiničke gore koja i danas ima obilježje supsidencije. Na to upućuje širina u suženju doline između SZ padina Desiničke gore na JI i bloka Vonarjeva na SZ. Suženje širine 200-300 m posljedica je kompresije. SZ padina Desiničke gore ima jasno izražen konveksni ocrtno što ukazuje na veoma mlado izdizanje područja. Na takav razvoj doline upućuje također i asimetričnost poprečnog profila doline Sutle (Sl. 2, 3 i 4).

Rijeka Sutla od Atomskih toplica do Poljane Sutlanske mijenja pravac svog otjecanja u pravac S-J. Laktasto skrećući, oblikuje sutjesku. Nastanak sutjeske vezan je za izmjene djelovanja tektonskog stresa u neotektonskoj fazi tijekom pliocena i kvartara. Aktiviraju se desna transkurentna kretanja blokova Rudnice i Desiničke gore. To uvjetuje zatvaranje nekadašnjih romboidnih graba ili pull-apart struktura zagorskog tercijarnog bazena i senovske sinklinale (Anić, Jutriša 1984). Navedene pull-apart strukture se zatvaraju, što je u



Sl. 4. Poprečni morfološki profil doline rijeke Sutle na području Miljana – Sutla - Imeno  
 Fig. 4. *Transversal morphological cross section of the river Sutla valley between Miljana – Sutla - Imeno*

reljefu izraženo oblikovanjem derazijsko-erozijskih pobrda kompresijom miopliocenskih naslaga Velike Horvatske. Ostatak nekadašnje pull-apart strukture je Kumrovečka zavala. U okviru probojnice nagib uzdužnog profila posebno je izražen od Početrtka do Miljane (165 cm/km) i predstavlja izraziti pregib rijeke Sutle u odnosu na njen uzvodni i nizvodni dio. Nagibi dolinskih strana su izrazito strmi (12-32°, i više od 32°), posebno JZ padina Desiničke gore. Energija reljefa je pretežito od 50-100 cm/km<sup>2</sup>. Korito rijeke se zbog recentnih tektonskih pokreta «pribilo» uz istočnu stranu doline. U uzdužnom profilu same sutjeske uočljiva su manja proširenja i suženja što upućuje na mikrotektonsku razlomljenost i na horizontalne pokrete. Sutjeska Sutle od Atomskih toplica do Poljane Sutlanske ima dvostruki Z ocrt svog uzdužnog profila. To se može objasniti rotirajućim i horizontalnim smičućim pomacima blok struktura Desiničke gore i Rudnice.

Oblikovanje sutjeske rijeke Sutle kod Podčetrtka može se protumačiti na dva načina. Prvo objašnjenje je nastanak sutjeske epigenetskim tipom morfogeneze u okviru koje se jasno izdvajaju dvije etape. Prva pretpostavlja više-manje zaravnen reljef i pokrivenost blokova Desiničke gore i Rudnice klastičnim naslagama neogenske starosti, da bi se u drugoj etapi rijeka usijecala u dolomitne blokove trijasko starosti. Paralelno s usijecanjem rijeke u temeljnu stijenu, klastični sedimenti su utjecajem padinskih i erozijskih procesa destruirani, što je rezultiralo ekshumiranjem dolomita. Tome je pridonijelo i intenzivno izdizanje blokova Desiničke gore i Rudnice (Bognar, usmeno).

Drugo moguće objašnjenje nastanka sutjeske veže se za izmjenu djelovanja tektonskog stresa i rotiranja geoloških struktura u novijoj fazi neotektonske etape razvoja prostora. Različito orijentirani dijelovi sutjeske Sutle zatvaraju relativno oštre kutove oblikujući



Fot. 3. Pogled prema IJ na probojnicu rijeke Sutle između Rudnice i Desiničke gore i stari grad Početrtak, (autori: Zdravka Žiger Žgela, Andrija Bognar)

*Phot. 3. A view (towards the ESE ) of the river Sutla canyon between the ranges of Rudnica and Desinička gora, (authors: Zdravka Žiger Žgela, Andrija Bognar)*



Fot. 4. Pogled u pravcu SSZ na dolinu Sutle s lijepo izraženim erozijskim fragmentom terase rijeke Sutle, (autori: Zdravka Žiger Žgela, Andrija Bognar)

*Phot. 4. A view (towards the NNW) of the Sutra valley with a nicely accentuated erosion fragment of the river Sutra terrace, (authors: Zdravka Žiger Žgela, Andrija Bognar)*

dvostruke Z ocrtu uzdužnog profila vodotoka i njegove doline. Osim toga, uočeni su različiti pomaci krila (jugozapadnog kod Desiničke gore, a sjeveroistočnog kod Rudnice) što je izraz tzv. simple sheare deformacije. Prisutna je rotacija masa oko njihove vertikalne osi. Njezinim istežanjem nastaje ridle-low sustav rasjeda i kao posljedica toga nastanak zjapećih pukotina (proširenje sutjeske!) u zoni rasjeda. Utjecalo je to i na izmjene mehanizama voda vodotoka čime se može objasniti i nedostatak riječnih terasa u okviru sutjeske (Prelogović i dr. 1997), (Foto. 3 i 4).

Proširenje doline Sutle od Poljane Sutlanske do Zagorskih sela obilježeno je s dva manja kotlinska proširenja, prvo u području Miljana-Imeno, i drugo Zagorska Sela – Sedlarjevo. U tim proširenjima energija reljefa je pretežito 30-100 m/km<sup>2</sup>, a uz samu rijeku Sutlu iznosi 5-30 m/km<sup>2</sup>. Prostor uz samu Sutlu obilježavaju nagibi od 0-2°, a ostale povišene terene nagibi od 5-12°. U području između Plavića i Prelaskog došlo je do oblikovanja suženja na 800-900 m na dužini oko 0,5 km utjecajem kompresijskih pokreta uz rasjede karakteriziranim desnim pomacima posebno uz rasjede pravca pružanja JZ-SI koji ograničavaju tektonske blokove Tisovca, Kunšperka i Cesargradske gore. Rijeka Sutla u ovom sektoru izrazito meandrira s tim da joj je korito relativno duboko usječeno pa se može reći da otječe erozijsko-akumulacijskim podtipom mehanizama voda srednjeg toka.



## MORFOGENETSKI ELEMENTI RELJEFA DOLINE

Svojstva mehanizama voda rijeke Sutle i njene izmjene tijekom pleistocena i holocena koje se odvijaju pod utjecajem rasjeda koji poprečno sijeku uzdužni profil rijeke, zatim aktivnost padinskih procesa uz utjecaj mlađe tektonike (rasjedne!), litologija, te antropogena aktivnost, imali su odlučujuću ulogu u oblikovanju dolinskih strana, poloja, terasa i korita vodotoka.

### Korito

Morfološki razvoj korita rijeke Sutle prvenstveno je ovisan o faktorima erozije, a to su fluviorapcija ili tzv. pokretačka snaga voda rijeka, korozija vode, atricija i korazija. Krećući se laminarno i turbulentno, vode vodotoka mehanički destruiraju strane i dno korita, noseći nanos nizvodno. U oblikovanju svog uzdužnog profila Sutla je bitno utjecana tektonskim pokretima, sastavom, proticajem i nanosom. Ima izrazito neusuglašeni uzdužni profil obilježen nizom pregiba. Redovno je uz rasjede, gdje je povećan pad rijeke, snažno njeno usijecanje. Utvrđeno je nekoliko rasjeda koji poprečno sijeku njen uzdužni profil rijeke što je izraženo u izmjenama osobina mehanizama voda. Uz rasjede, nagibi korita su redovito povećani, obilježeni prevladavajućom erozijom u okviru mehanizama voda gornjeg toka. Na ostalim dijelovima Sutla oteče mehanizmom srednjeg toka, meandrirajući (tab. 1, 2 i 3).

### Regulacije.

Početkom sedamdesetih prošlog stoljeća počela je izgradnja Sutlanskog jezera na dijelu toka Sutle od Rogateca do Atomskih toplica u podnožju Desiničke gore. Funkcija vodne akumulacije bila je opskrba pitkom vodom naselja bivših općina Šmarje, Klanjec i Krapina, zadržavanje visokih vode osiguranje od poplava nizvodnog dijela toka rijeke Sutle, zatim natapanje obradivih površina, turizam i ribnjicarstvo. Akumulacija je bila duga 7 km, široka od 100 do 150 m. zauzimala je 195,5 ha zemljišta, a zapremnina joj je iznosila 20 milijuna m<sup>3</sup>. Slijevna površina dotoka voda do pregrade bila je 109 km<sup>2</sup>. Srednja godišnja količina Sutle bila bi 58 milijuna m<sup>3</sup> (Marinček 2000). S punjenjem akumulacije počelo se 1980. Voda je zbog premalog dotoka nakon nekoliko godina postala tako onečišćena da su je 1986. morali ispustiti iz jezera. To je i razumljivo obzirom na činjenicu da su je u velikoj mjeri onečistile otpadne vode iz industrijskih pogona u Rogatecu i Rogaškoj Slatini, te domaćinstva. Onečišćenja su uzrokovala pomor riba i ostalog živog svijeta u jezeru, a ispuštena voda je uništila riblji svijet nizvodno od Sutlanskog jezera.

Tab. 1. Karakteristični vodostaji rijeke Sutle na vodomjeru Miljana i Zelenjak (u cm)

Tab. 1. *Waterstage values of the river Sutla on the water gauge station in Miljana and in Zelenjak (in cm)*

Vodomjer	Kota «0» vode (mnv)	Najniži sred. vodostaj (cm)	Srednja vrijednost vodostaja (cm)	Najviši sred. vodostaj (cm)	Najniži zabilježeni vodostaj (cm)	Najviši zabilježeni vodostaj (cm)
Miljana	184,96	19	64	372	45 22.06.1984.	380 18.10.1975.
Zelenjak	166,8	48	81	314	56 25.08.1967.	448 21.10.1974.

Izvor: Hidrološki godišnjak Jugoslavije od 1958.-1986., Savezni Hidrometeorološki zavod, Beograd

Tab. 2. Podaci o količinama nanosa u rijeci Sutli i u okviru poriječja rijeke Sutle  
 Tab. 2. *Values of the fluvial wash in the Sutla river basin.*

Rijeka i pritoci	Površina sliva (km <sup>2</sup> )	Dužina sliva (km)	Obujam sliva (km <sup>3</sup> )	Srednja visinska razlika od izvora do ušća D/mnvv (pad)	Srednja godišnja temper. zraka nad bujičnim pod (°C)	Koeficijent erozije sliva	Kategorija razornosti	Količina nanosa (m <sup>2</sup> /god)	Količina nanosa koji dotiče u Sutlu i pritoke (m <sup>2</sup> /god)	Godišnja produkcija nanosa po km <sup>2</sup>	Specifična Godišnja količina nanosa u km <sup>2</sup> koja dospijeva u Sutlu i pritoke (m <sup>2</sup> /god)
SUTLA	581,6	95			11,0			35310	20000	252	142
BREZNA	13,8	4,6	10,9	0,172	10,0	0,22	IV.	4950	1830	430	130
MILJANA	6,8	4,6	11,5	0,100	10,0	0,22	IV.	2440	710	360	100
KOZJANSKA BISTRICA	107,2	28,7	61,2	0,234	8,0	0,17	V.	24300	16500	2227	152
KUZMINEC	4,6	4,5	11,2	0,081	10,0	0,19	V.	1320	360	290	80
ŠKARNIK	8,2	17,5	17,5	0,079	10,0	0,19	V.	2300	600	290	80

Izvor: Erozijska i nanos sliva rijeke Sutle (1969.), I separat, Zagreb

Tab.3. Vrijednosti nagiba pada uzdužnog profila rijeke Sutle od izvora do ušća

Tab.3. *Values of longitudinal profile inclination of the river Sutra from the well to the mouth in the river Sava.*

Mjesto	Udaljenost od ušća (km)	Udaljenost od izvora (km)	Kota «0» točke	Ukupan pad (cm)	Pad (cm/km)
IZVOR	95,486	0	625,0	-	-
TRLIČNO	88,486	7,0	258,0	36 700	5242,85
DOBOVEC	83,486	12,0	235,0	2300	460,0
ROGATEC	77,486	18,0	220,0	1500	250,0
RAJNKOVEC	71,486	24,0	211,0	900	150,0
ROGAŠKA SLATINA	71,0	24,486	210,0	100	205,76
PRIŠLIN	68,486	27,0	206,0	400	159,10
VONARJE	60,486	35,0	196,0	1000	125,0
PODČETRTEK	56,486	39,0	193,2	280	70,0
MILJANA	51,486	44,0	184,96	824	164,80
SEDLARJEVO	45,486	50,0	180,0	496	82,66
POLJE PRI BISTRICI	36,0	59,486	177,8	222	23,19
ZELENJAK	30,486	65,0	166,8	1100	199,49
KLANJEC	28,486	67,0	161,0	580	290,0
GORNJA VAS	24,486	71,0	158,0	300	75,0
GREGOVCE	16,486	79,0	150,0	800	100,0
SLOGONSKO	11,486	84,0	143,0	700	140,0
RAKOVEC	8,486	87,0	139,21	379	126,3
RIGONCE	3,486	92,0	136,0	329	64,2
UŠĆE U SAVU	0	95,486	132,5	350	100,4
UKUPNO	95,486	95,486		48 756	510,6

Tablica je konstruirana na temelju podataka iz studije: Marinček, Matija: «Stacionaža reke Sotle» VPG, 2000.

### Poloj

Poloj rijeke Sutle je razvijen duž čitavog njegovog uzdužnog profila. Značajke mehanizma vode te utjecaj tektonskih pokreta u znatnoj mjeri su utjecali na granulometrijski sastav naplavine Sutle i na njegovu širinu. Poloj je širi u kotlinskim proširenjima i uži je u sutjeskama gdje je tijekom oblikovanja doline uglavnom prevladavao mehanizam gornjeg toka, dakle usijecanje. U proširenim dijelovima doline prevladavala je akumulacija i to tamo gdje vodotok otječe mehanizmom voda srednjeg toka. U okviru poloja rijeke Sutle, u čijem je sastavu pretežu akumulacije pijeska i šljunka, a manje glina i ilovača, razlikuje se uglavnom viši nivo poloja. Posljedica je to prevladavajuće erozijsko-akumulacijske podvarijante mehanizama voda srednjeg toka zbog konstantne prisutnosti pozitivnih

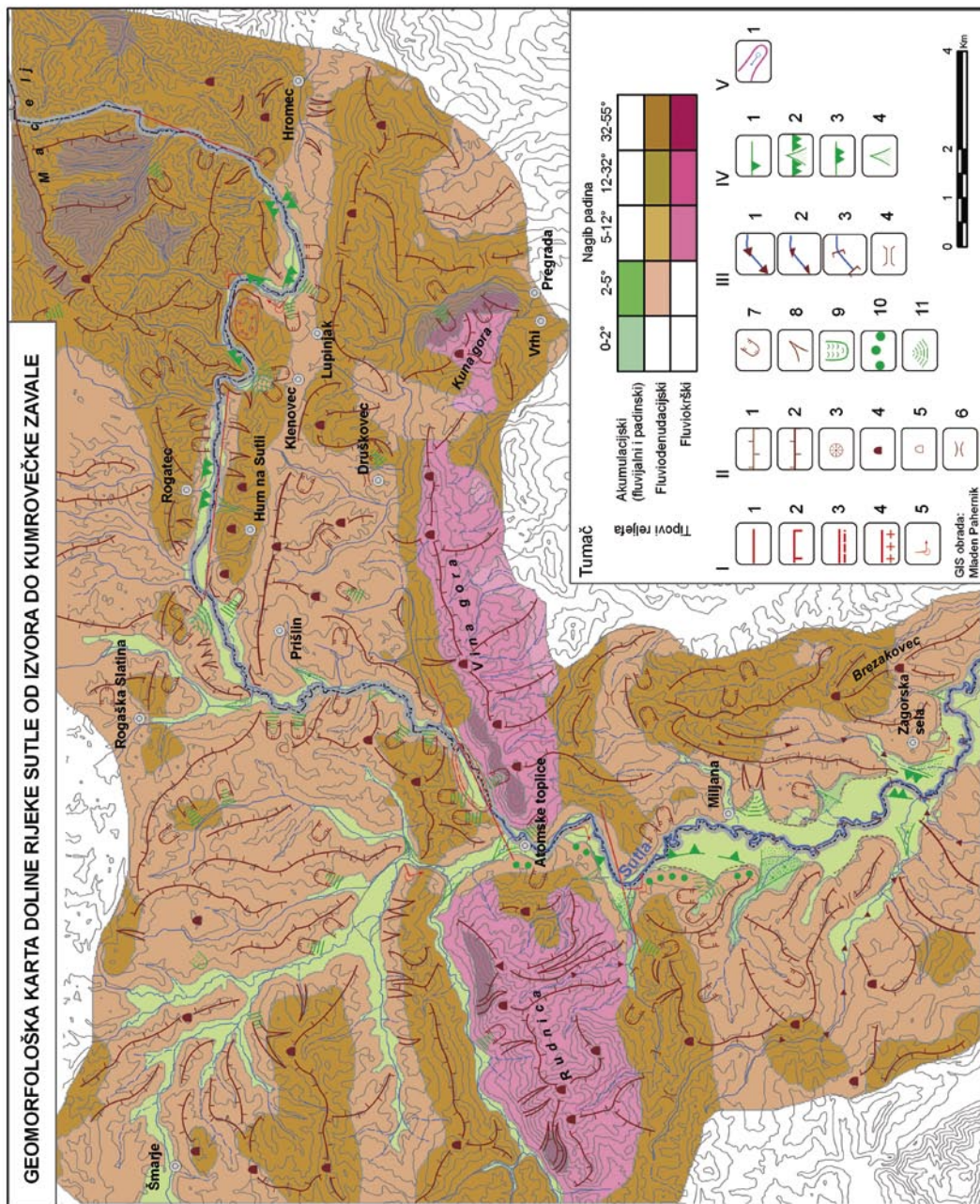
tektonskih pokreta. Geomorfološka analiza govori u prilog činjenice da se čitavo poriječje Sutle nalazi u stalnom relativnom izdizanju s tim da je u kotlinskim proširenjima ono nešto slabije izraženo pa se u odnosu na okolna uzvišenja tu može govoriti o relativnom spuštanju. Sve to utječe da se rijeka meandrirajuće usijeca pa do plavljenja dolazi samo za veoma visokih voda. Poplave su stoga u dolini rijeke Sutle rijetke i uglavnom dugotrajnije u onim dijelovima gdje je izrazitije relativno spuštanje. Najbolji primjer toga je dio doline Sutle u predgorskoj potolini Desiničke gore, gdje je zbog upravo čestih plavljenja izgrađena akumulacija Vonarjevo (Sutlansko jezero). Pojava poplava u položju često je vezana za bujične pritoke Sutle.

### **Terase.**

Od izvorišta pa do Klanjca rijeka Sutla je oblikovala niz erozijskih podova i dva terasna fragmenta akumulacijskog tipa. Erozijski podovi uočeni su u okviru više sektora od Hromca pa do Poljane Sutlanske. Javljaju se na obje dolinske strane, ali nisu kontinuirani, te imaju različitu visinu iznad današnje naplavne ravnice rijeke Sutle (od 20-100 m relativne visine). Erozijski pod je iste relativne starosti, ali je mlađim tektonskim pokretima poremećen i doveden u različite hipsometrijske nivoe. Erozijski pod je ishodišni, primarni nivo u koji se vodotok usjekao u početnom stadiju svoje evolucije (vjerojatno tijekom pleistocena). U istraživanom dijelu doline rijeke Sutle osim kod Sedlarjeva, nije sačuvana ni jedna akumulacijska terasa. Uzrok tome leži u činjenici da ukoliko je u pojedinim fazama bila izražena akumulacija, rijeka je iste u fazama intenzivnije bočne erozije uglavnom erodirala. Terasa kod Sedlarjeva koja je povišena nad današnjom naplavnom ravnice Sutle cca 7-10 m predstavlja de facto erozijski fragment nekad postojeće akumulacije (starijeg položja) koja je nastala u tektonski mirnijim fazama, kada je prevladavalo taloženje. Erozijsko-akumulacijski fragment kod Rogateca nije primarna riječna akumulacija Sutle, već predstavlja ostatak Sutlom erodirane plavine potoka Draganje - pseudoterasu Sutle.

### **Dolinske strane**

Poriječje Sutle je u velikoj mjeri obraslo šumskom vegetacijom, a dijelom se koristi kao poljodjelsko-vinogradarske površine. Izrazita reljefna energija i povećani nagibi pobrđa oblikovanog u litološki gledano «mekšim» klastitima potiču spiranje i jaruženje, a česta je pojava klizišta. Većina derazijskih dolina na pobrdima i na dolinskim stranama Sutle disecirana je brojnim jarugama i vododerinama. Utjecajem spiranja i kliženja jaruge se šire pa se oblikuju suhe derazijske doline. Jaruge se uglavnom vežu za pješčenjake i pijeske, dok su klizišta vezana za terene u čijem sastavu sudjeluju glinovite čestice. Brojne jaruge su usječene na dolinskim stranama Sutle uz gorske hrptove Rudnice i Desiničke gore, te u pobrđu Maceljske i Horvatske gore. Obzirom na velike nagibe (najčešće od 25-30°) jaruge su i danas u funkciji. Završavaju bujičnim, proluvijalnim plavinama u podnožju brdskih blokova. (Sl. 5)



Sl.5. Geomorfološka karta doline rijeke Sutle od izvora do Kumrovečke zavale

Fig.5. Geomorphological map of the river Sutra valley from the well to the plain of Kumrovec

## ZAKLJUČAK

Geomorfološka analiza doline rijeke Sutle dokazala je kompozitni karakter doline što je rezultat djelovanja mlađih tektonskih pokreta i fluviodenudacijskih procesa. Promjenom intenziteta tih procesa mijenjao se i mehanizam voda rijeke Sutle. U orografskom, morfogenetskom i morfostrukturnom smislu mogu se izdvojiti kotlinska proširenja i suženja – sutjeske na uzdužnom profilu doline što govori u prilog činjenici da se čitavo poriječje Sutle nalazi u stalnom relativnom izdizanju. U nastanku sutjeske kod Podčetrtka postoje dva moguća objašnjenja. Prvo je tumačeno epigenetskim tipom morfogeneze, a drugo se veže za izmjenu djelovanja tektonskog stresa i rotiranja geoloških struktura Desiničke gore i Rudnice. U formiranju današnjih osobina dolinskih strana, poloja, korita vodotoka i erozijskih podova odlučujuću ulogu su imali svojstva mehanizama voda i njihove promjene tijekom pleistocena i holocena i padinski procesi.

## NOTES

1. Misli se na pobrđe oblikovano u tercijernim naslagam omeđeno Kumrovečkom zavalom, gorskim nizom Tisovac, Orlika, Kunšperk, na JZ gorskim uzvišenjem Bredića, a na SZ gorskim hrptom Rudnice.