

ELABORAT

NAROČNIK: **GEODETSKI ZAVOD CELJE**
Ulica XIV. divizije 10
3000 CELJE

OBJEKT: **OBLIKOVANJE TRAJNOSTNIH KMETIJSKIH PRAKS NA
PRIOBALNIH PASOVH POVRŠINSKIH VODA –
PROJEKT EIP**

**Hidravlična analiza odtoka padavinskih voda na
območju izbranih kmetij**

VRSTA PROJEKTNE
DOKUMENTACIJE: **ELABORAT**
IN NJENA ŠT.:
Številka rednika/zvezka **1/1**

PROJEKTANT: **VODNOGOSPODARSKI BIRO
MARIBOR d.o.o.,**
Glavni trg 19c,
2000 Maribor,
Direktor:
Boštjan Rozman udgi


VODNOGOSPODARSKI
BIRO MARIBOR d.o.o. 3
2000 Maribor, Glavni trg 19c

ODGOVORNI PROJEKTANT: **Tijana MIČIĆ, udivki
G-4016**


Tijana MIČIĆ
univ. dipl. inž. vod. in kom. inž.
IZS G-4016

ŠT. ELABORATA: **4246/22**

KRAJ IN DATUM IZDELAVE
PROJEKTNE DOKUMENTACIJE: **Maribor, marec 2025**

IZVOD št. **1 2 3-A**

Dobro za naše okolje

2 KAZALO VSEBINE ELABORATA št. 4246/22

- 1 Naslovna stran**
- 2 Kazalo vsebine elaborata**
- 3 Poročilo**

1	UVOD	4
2	OBMOČJE OBRAVNAVE	5
3	HIDROLOŠKI PODATKI.....	5
4	HIDRAVLICNI MODEL	11
5	REZULTATI	12
5.1	ARBITER.....	12
5.2	DREV.....	14
5.3	TERGLAV	16
5.4	ŠLANDER	18
5.5	ŠC ŠENTJUR.....	19
5.6	GERK KUNEJ (SENICA)	21
5.7	SENICA.....	23
6	ZAKLJUČKI.....	25

3 POROČILO

1 UVOD

Predmetni elaborat je sestavni del projekta »Oblikovanje trajnostnih kmetijskih praks na priobalnih pasovih površinskih voda«, ki je del projektov EIP (projekti Evropskega partnerstva za inovacije) na podukrepu 16.5 - Podpora za skupno ukrepanje za blažitev podnebnih sprememb ali prilagajanje nanje ter za skupne pristope k okoljskim projektom in stalnim okoljskim praksam za projekte EIP progama razvoja podeželja 2014-2020. Glavni cilj projekta je uvedba okolju oziroma vodam prijaznejših kmetijskih praks na izbranih demonstracijskih kmetijah, ki bodo namenjene zmanjševanju negativnih vplivov kmetijstva na okolje, izvajanju skupnih pristopov na področju kmetijstva za varstvo biotske raznovrstnosti in usmerjenje v oblikovanje predlogov za vzpostavitev bolj trajnostno usmerjenih kmetijskih praks na priobalnih pasovih površinskih voda, s čimer je projekt prispeval k varovanju površinskih in podzemnih voda, skrbi za bolj kakovostno vodo v površinskih vodah in vodonosnikih.

Namen varovalnih pasov z vidika kmetijstva je ohranjanje biotske raznovrstnosti in krajinske pestrosti, privabilni posevki za koristne organizme, pribežališče za živali ob obdelavi kmetijskih površin, zmanjševanje negativnih vplivov vetra, suše, neurij, toče, preprečevanje erozije. Širina varovalnega pasu s cvetočimi rastlinami mora ob vodah prvega reda znašati 15 metrov, ob vodah drugega reda 5 metrov in ob osuševalnih jarkih širših od 2 metrov 3 metre, pri čemer se cvetoči pas vzdržuje brez uporabe FFS, gnojenja ali oranja. (povzeto iz www.mkgp.gov.si).

Posege v vodna in priobalna zemljišča ureja tudi Zakon o vodah (Uradni list RS, št. [67/02](#), [2/04](#) – ZZdI-A, [41/04](#) – ZVO-1, [57/08](#), [57/12](#), [100/13](#), [40/14](#), [56/15](#), [65/20](#), [35/23](#) – odl. US, [78/23](#) – ZUNPEOVE in [52/24](#) – odl. US), ki v 5. členu uvodnih določbah navaja, da je rabo in druge posege v vode, vodna in priobalna zemljišča ter zemljišča na varstvenih in ogroženih območjih ter kmetijska, gozdna in stavbna zemljišča treba programirati, načrtovati in izvajati tako, da se ne poslabšuje stanja voda, da se omogoča varstvo pred škodljivim delovanjem voda, ohranjanje naravnih procesov, naravnega ravnovesja vodnih in obvodnih ekosistemov, ter varstvo naravnih vrednot in območij, varovanih po predpisih o ohranjanju narave. V skladu z Zakonom o vodah je meja priobalnega zemljišča na vodotokih 1. reda 15 metrov od meje vodnega, zunaj območij naselij pa 40 m od vodnega zemljišča. Na vodotokih 2. reda je priobalni pas 5 m od meje vodnega zemljišča.

Varovalni pasovi tako predstavljajo velik delež površin, ki so z vidika kmetijstva namenjena zgolj za košnjo ali pašo ter ne spadajo v kvoto ornih površin, ki so opredeljene kot neproizvodne površine.

V predmetnem elaboratu smo z uporabo matematičnih modelov za simulacijo hidroloških značilnosti prispevnih območij ter kombiniranega padavinskega modela in modela za simulacijo fizikalnih lastnosti toka meteoroidnih vod analizirali vpliv različnih naklonov ter poraščenosti kmetijskih površin na spremembo jakosti odtoka padavinske vode ter posredni vpliv varovalnih pasov pri zmanjševanju vnosa (spiranja) hranil v vodotoke.

Osnova za izračun površinskega odtoka je histogram padavin. Slednji lahko opisuje resnični padavinski dogodek ali pa je sintetičen. Za simulacijo bolj intenzivnih padavinskih dogodkov smo v predmetni analizi uporabili sintetične padavine, ki temeljijo na podrobni statistični analizi podatkov o padavinah za daljše časovno obdobje. S pomočjo enačb za račun padavinskih izgub smo izračunali učinkovite padavine, to je del padavin, ki povzročijo površinski odtok. Preostali del se infiltrira, prestreže ali akumulira na površini in ne prispeva k površinskemu odtoku, zato jih imenujemo padavinske izgube. Ugotovljeno je, da način obdelave kmetijskih zemljišč pomembno vpliva na infiltracijo padavin. Po podatkih Agencije ameriškega ministrstva za kmetijstvo The Soil Conservation Service (SCS) je najnižja infiltracija na goli zemljini (ledina), sledijo gredaste poljščine, najvišja infiltracija pa je v območju gozdov. Vpliv poraščenosti kmetijskih površin smo tako upoštevali pri določitvi učinkovitih padavin kot tudi kot koeficient hrapavosti pri površinskem odtoku. Za izračun odtočnih razmer je bil uporabljen hidravlični model MIKE (DHI), s katerim smo izdelali združeno simulacijo padavin z enakomernim trajanjem in simulacijo površinskega odtoka.

2 OBMOČJE OBRAVNAVE

Za vsako izmed partnerskih kmetij smo izbrali reprezentativno obdelovalno površino, ki se nahaja ob vodotoku. Dve lokaciji sta bili izbrani le za partnersko kmetijo Senica. Izbranih je bilo 7 lokacij, od tega je 6 kmetij in 1 GERK:

1. Arbiter
2. Drev
3. Terglav
4. Šlander
5. Šolski center Šentjur (v nadaljevanju ŠC Šentjur)
6. GERK – Kunej (Senica)
7. Senica

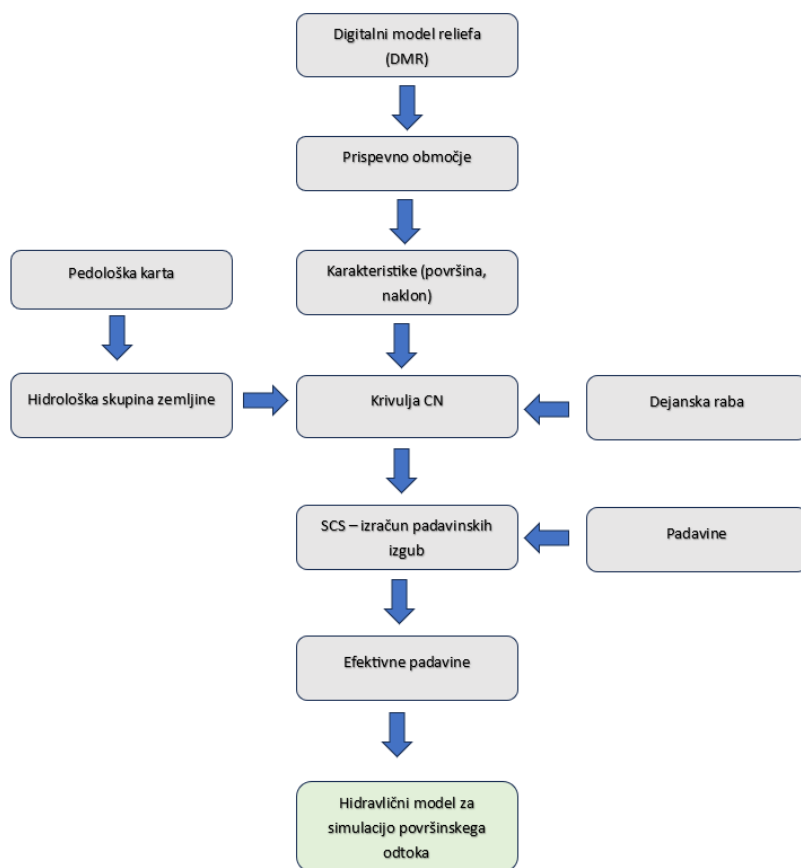


Slika 1: Pregledna karta lokacij obravnavanih kmetij

Za vsako lokacijo je bil izdelan ločen hidrološki in hidravlični model. Iz državnih podatkov Lidar smo izdelali digitalni model reliefa (DMR) ter z uporabo GIS orodij določili karakteristike posamezne lokacije.

3 HIDROLOŠKI PODATKI

S pomočjo GIS orodij Archydro in izdelanega DMR smo določili prispevno območje za vsako od izbranih lokacij. Na podlagi karakteristik prispevnega območja in efektivnih padavin so bile izračunane količine in karakteristike odtoka padavinskih vod, ki gravitirajo k vodotoku.



Slika 2: Diagram korakov in vhodnih podatkov za izdelavo modela za simulacijo površinskega odtoka

Podatke o padavinah pri povratni dobi 100 let smo privzeli iz spletne aplikacije ARSO »Povratne dobe za ekstremne padavine« za najbližje postaje.

Za izračun efektivnih padavin je bil uporabljena SCS metoda določitve padavinskih izgub, ki velja za eno najpogostejše uporabljenih, pri kateri se upoštevajo lastnosti zemljine, ki so opisane s koeficientom CN. Slednji med drugim upošteva vpliv pedologije in rabe tal. Iz sloja dejanske rabe in pedološke karte je bil za vsako območje izračunan povprečni CN (koeficient odtoka). Hidrološki pogoji infiltracije so odvisni tudi od vrste zelenega pokrova in načina obdelave zemljišč. Dobro hidrološko stanje kaže, da imajo tla nizek potencial odtoka oziroma visoko stopnjo infiltracije.

Eden od ciljev elaborata je ovrednotiti tudi vpliv pokrovnosti/rabe tal na lokacijah izbranih kmetij na spremembo lastnosti odtočnih karakteristik. V hidrološkem smislu smo to upoštevali s spremembo CN koeficienta, pri čemer smo poskušali vzeti dve diametralni vrednosti, to je gola zemljina in pa poraščeno stanje ob dobrih hidroloških pogojih. Pri osnovnih vrednostih smo izhajali iz tabele SCS vrednosti za obdelana kmetijska zemljišča (USACE, 2000). Na večini lokacij se je CN za golo zemljino gibal med 90 – 94, z poraščeno zemljino pa med 70-80.

Preglednica 1: Koeficienti CN za obdelana kmetijska zemljišča (vir: USACE. 2000, povzeto po M. Brilly in M. Šraj, 2018)

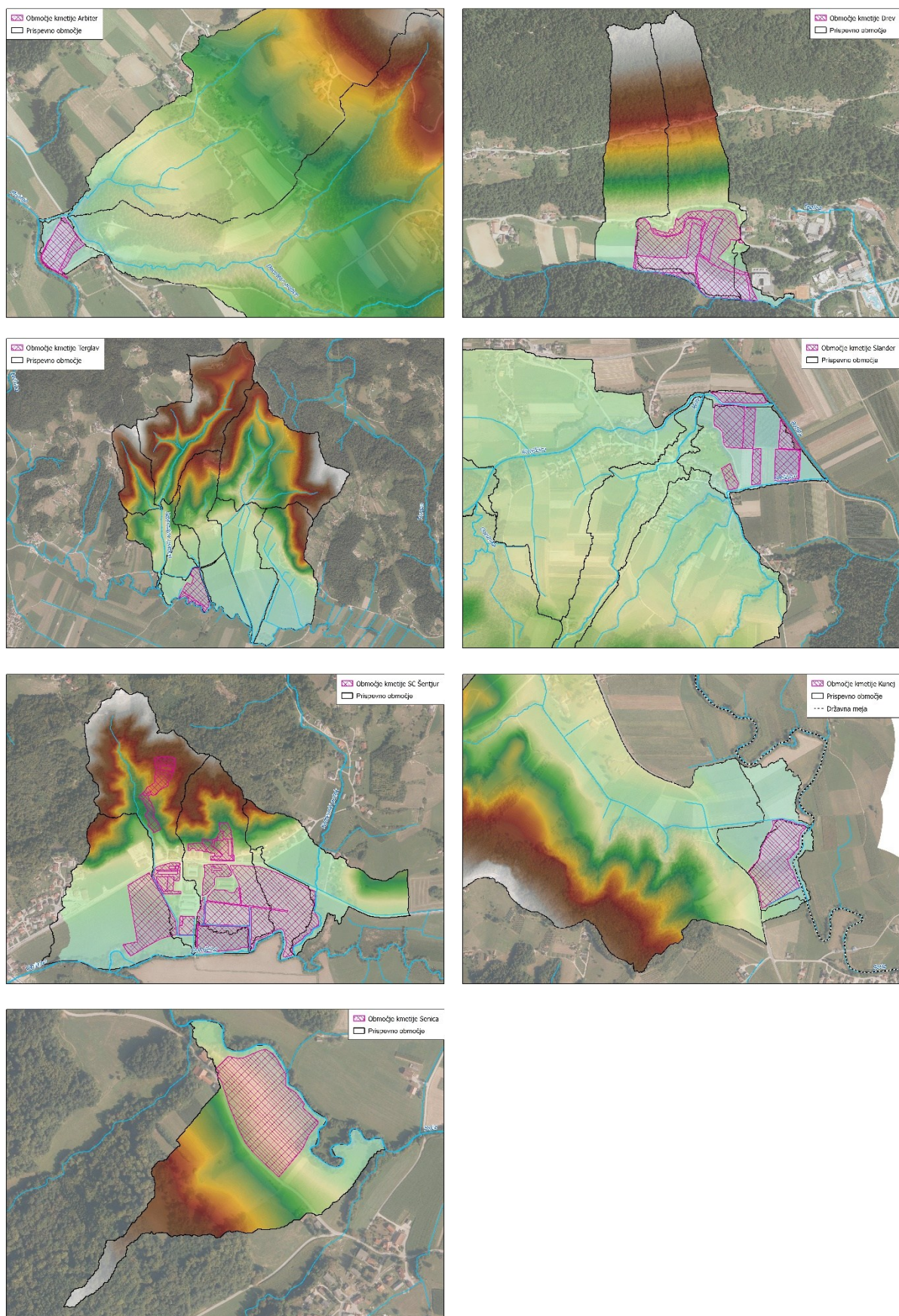
Raba tal	Hidrol. pogoji	Vrednosti CN glede na odtočni potencial			
		A	B	C	D
Ledina, neobdelan svet					
gola zemljina	-	77	86	91	94
delno poraščena zemljina (ostanki posevkov)	slabi ¹	76	85	90	93
	dobri ²	74	83	88	90
Poljščine v vrsti					
v ravni vrsti	slabi	72	81	88	91
	dobri	67	78	85	89
v ravni vrsti, delna poraščenost	slabi	71	80	87	90
	dobri	64	75	82	85
po plastnicah	slabi	70	79	84	88
	dobri	65	75	82	86
po plastnicah, delna poraščenost	slabi	69	78	83	87
	dobri	64	74	81	85
po plastnicah in na terasah	slabi	66	74	80	82
	dobri	62	71	78	81
po plastnicah in na terasah, delna poraščenost	slabi	65	73	79	81
	dobri	61	70	77	80
Nizka žita					
v ravni vrsti	slabi	65	76	84	88
	dobri	63	75	83	87
v ravni vrsti, delna poraščenost	slabi	64	75	83	86
	dobri	60	72	80	84
po plastnicah	slabi	63	74	82	85
	dobri	61	73	81	84
po plastnicah, delna poraščenost	slabi	62	73	81	84
	dobri	60	72	80	83
po plastnicah in na terasah	slabi	61	72	79	82
	dobri	59	70	78	81
po plastnicah in na terasah, delna poraščenost	slabi	60	71	78	81
	dobri	58	69	77	80
Gosto sejane stočnice ali kolobarjeni travnik					
v ravni vrsti	slabi	66	77	85	89
	dobri	58	72	81	85
po plastnicah	slabi	64	75	83	85
	dobri	55	69	78	83
po plastnicah in na terasah	slabi	63	73	80	83
	dobri	51	67	76	80

Efektivne padavine se izračunajo po formuli:

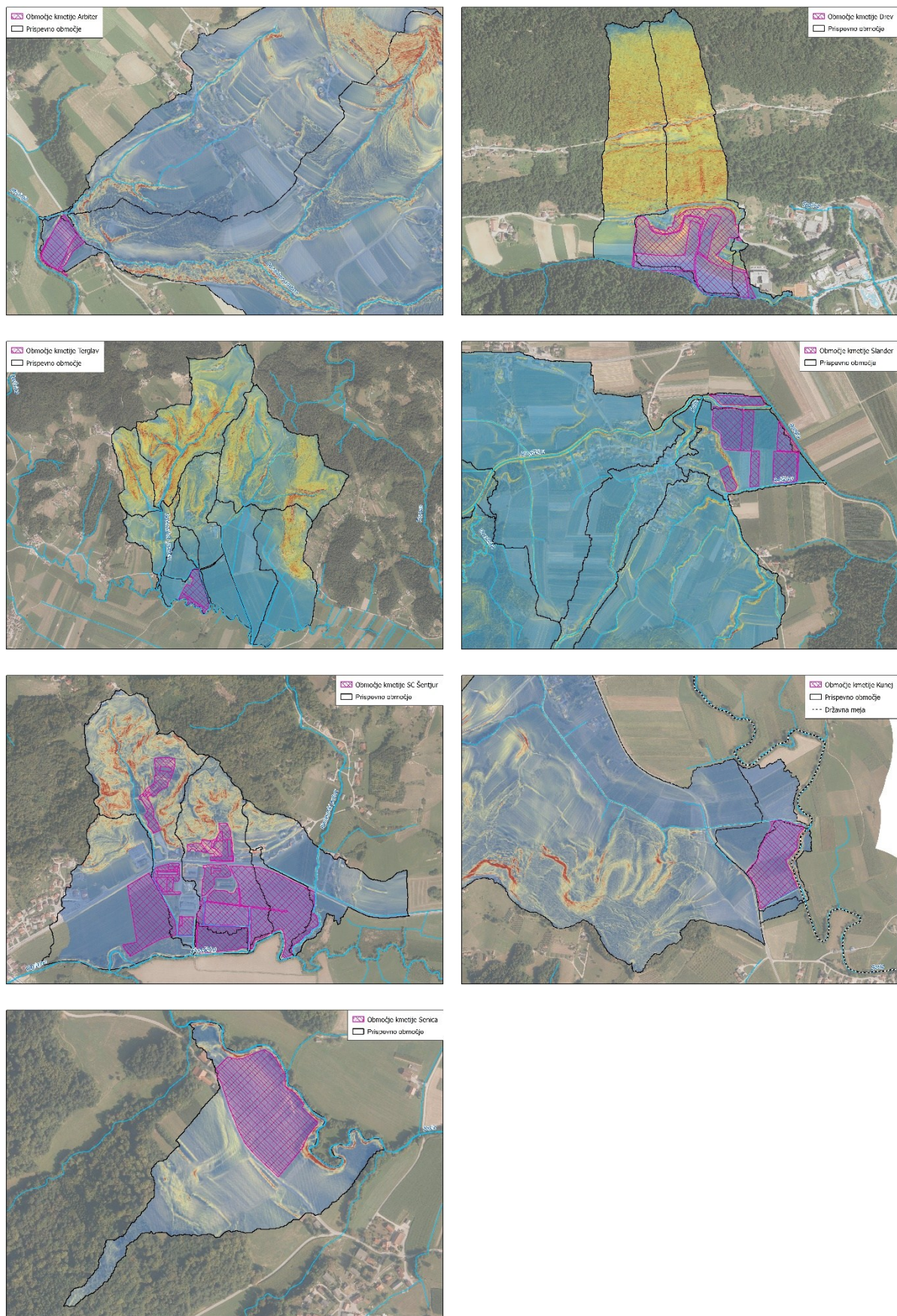
$$P_{ef} = \frac{(P - I_a)^2}{P - I_a + S} ; S = \frac{25400}{CN} - 254$$

Na podlagi zgornje enačbe se lahko izračunajo efektivne padavine za različna trajanja padavin. Za namen analize smo izbrali trajanje 30 minut in povrtano dobo 100 let.

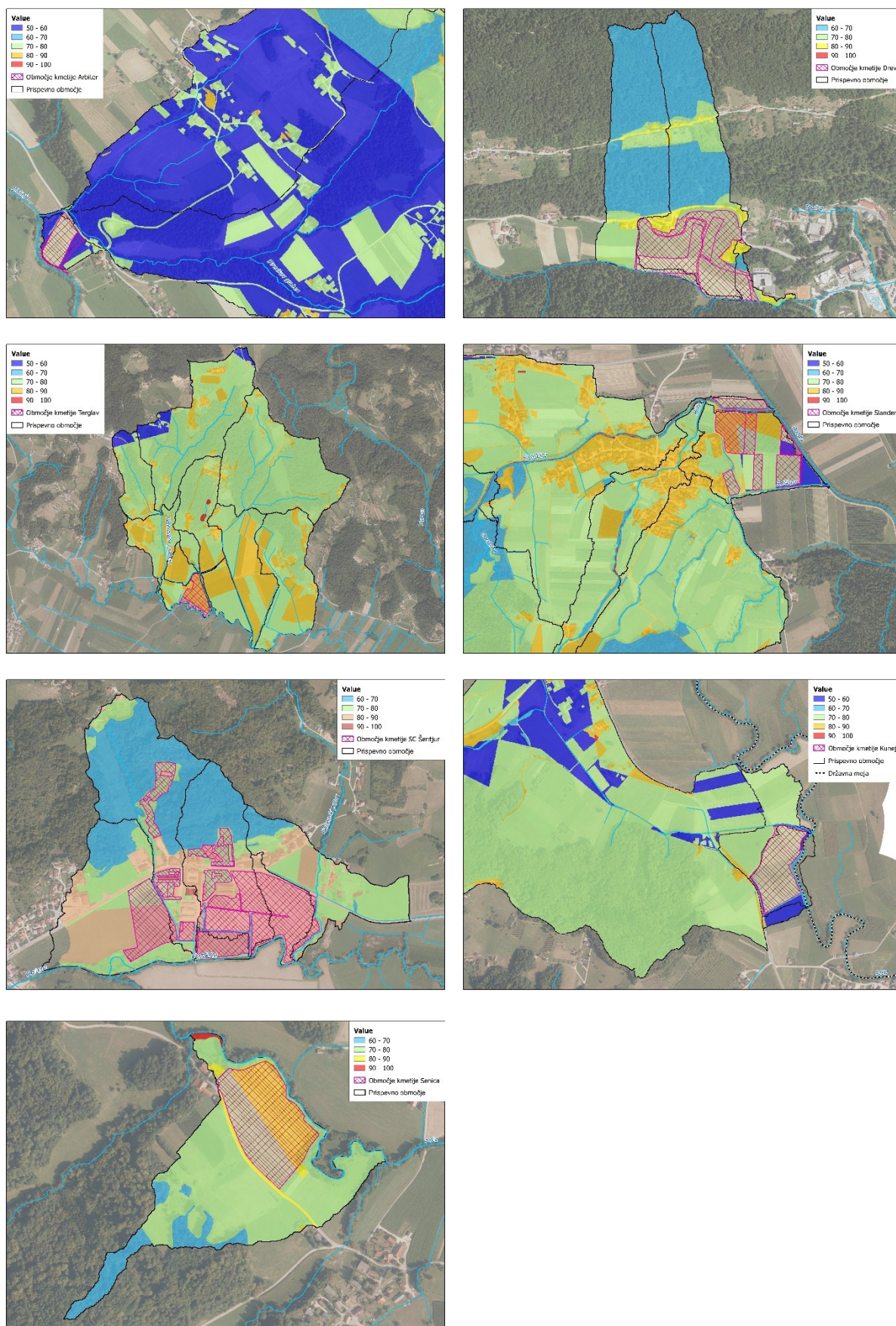
Na spodnjih slikah so za vsa analizirana območja prikazane prispevne površine, nakloni in določitev CN koeficientov za posamezno rabo.



Slika 3: Digitalni model reliefa na prispevnem območju za vse analizirane lokacije



Slika 4: Naklon prispevnega območja za vse analizirane lokacije



Slika 5: Določitev koeficienta CN na prispevnem območju analiziranih lokacij

Osnovne karakteristike povzemamo v spodnji preglednici:

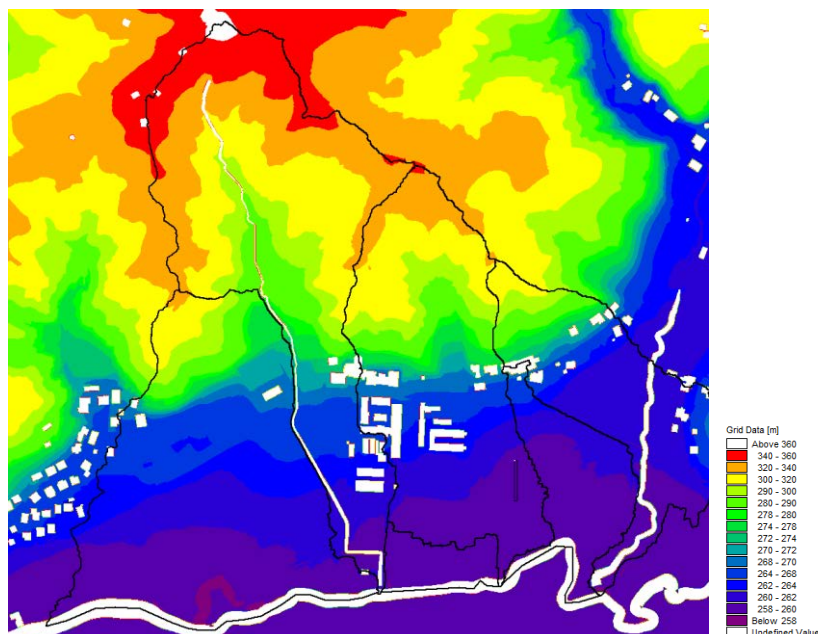
Preglednica 2: Osnovne in hidrološke karakteristike obravnavanih lokacij

Ime	Katastrska občina	Številka parcele	Površina njive (km ²)	Površina prispevnega območja (km ²)	Naklon kmetije (%)	Naklon prispevnega območja (%)	Efektivne padavine (zemljina s posevki)	Efektivne padavine (golo zemljišče - ledina)	uporabljen CN za zemljino s posevki	uporabljen CN za golo zemljino	padavinska postaja ARSO
ARBITER	862	75, 73/1, 74, 73/2, 1350/18	0.01	0.02	5.7	6.6	147 - 177	964 - 983	66	86	Šmartno pri Slovenj Gradcu
DREV	948	1265/4, 1278/1, 1287/8, 1284, 1286, 1288, 1292, 1281, 1283/3, 1289/1	0.06	0.17	22	45	663 - 672	1555 - 1561	72	91	Šmartno pri Slovenj Gradcu
TERGLAV	993	470/1, 474, 472, 473, 468	0.03	0.03	2.5	2.5	1221	1956	81	94	Celje
SLANDER	1007	1225, 1251, 1226, 1231, 1249, 1098, 1246, 1250, 1224	0.04	0.12	3.5	6.6	970 - 1108	1429 - 1726	77	86 - 91	Celje
ŠC ŠENTJUR											
OBMOČJE 1 - ŠOLA	2647	589/2, 600/6, 589/1, 600/20, 604/5, 603, 605/1, 606, 613/2, 600/13, 600/23, 601/3, 601/8, 604/3, 604/4, 607, 614, 604/1, 608/2, 612/3, 613/1, 600/24, 601/4, 605/2, 608/1, 601/6, 604/2, 612/2	0.09	0.3	5.1	5 - 22	979 - 1573	1733 - 1753	78 - 89	91	Celje
OBMOČJE 2 - POD RASTLINJAKI	2647	543/2, 544/2	0.001	0.04	6.3	17	979	1746	75	91	
OBMOČJE 3 - NJIVA PREKO CESTE	2647	538, 543/1, 600/18, 620/3, 539/4, 543/2	0.03	0.3	3.4	12.5	1220	1948	82	94	
OBMOČJE 4 - EKO TRAVNIŠKI SADOVNJAK	2647	546/1, 547	0.006	0.04	18.9	34	979	1746	75	91	
GERK - KUNEJ	1240	1612/1, 1609, 1611/1, 1610	0.04	0.05	3.7	3.7	720 - 768	1408 - 1554	76	91	Rogaška Slatina
SENICA	1240	1795	0.03	0.1	8.8	15	340	1082	75	91	Rogaška Slatina

4 HIDRAVLIČNI MODEL

Za izračun odtočnih razmer je bil uporabljen hidravlični model MIKE (DHI), s katerim smo izdelali združeno simulacijo padavin z enakomernim trajanjem in simulacijo površinskega odtoka. Iz kombiniranega padavinsko odtočnega modela se jasno pokažejo tudi glavni tokovi in njihova smer v prostoru, kar omogoča boljše načrtovanje ukrepov za upravljanje s kmetijskimi zemljišči.

Na podlagi Lidar posnetka na izbranih območjih je bil izdelan DMR celotnega prispevnega območja, ki gravitira na posamezno izbrano kmetijo, čez katerega je bila postavljena pravokotna mreža z velikostjo celic 1x1 m. V model so bili vključeni tudi obstoječi objekti iz katastra stavb, ki so dvignjeni nad osnovni teren. Osnovne struge vodotokov so modelno upošteevane v komponenti 1D modela, ki je kombinirana z modulom za 2D simulacijo, in sicer na način, da se vanje stekajo padavinske vode iz prispevnih območij.



Slika 6: Prikaz modelne batimetrije s prispevnimi območji za lokacijo ŠC Šentjur

Vsakemu od prispevnih območij, ki gravitirajo na izbrano lokacijo kmetije smo pripisali izračunano vrednost efektivnih padavin iz poglavja 3 *Hidrološki podatki*.

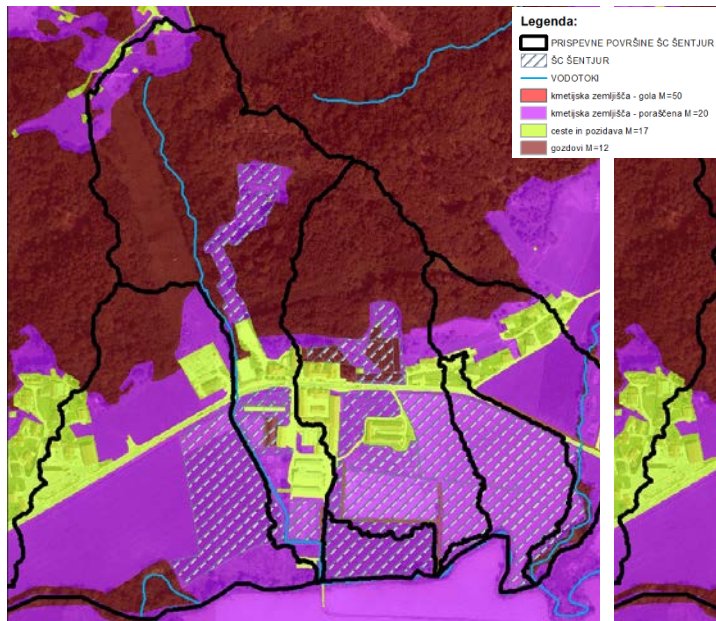
Podobno kot v hidrološkem modelu, smo simulacijo odtoka padavinskih vod na izbranih kmetijah izdelali za dve varianti pokrovnosti, in sicer za golo zemljinu in zemljinu s posevki. V hidravličnem modelu smo vpliv poraščenosti simulirali s hrapavostjo površine, ki jo upoštevamo z Manningovim koeficientom hrapavosti. Na podlagi podatkov dejanske rabe so bili za posamezno prispevno območje definirani naslednji koeficienti:

Kmetijske površin (poraščene) – $M=20$

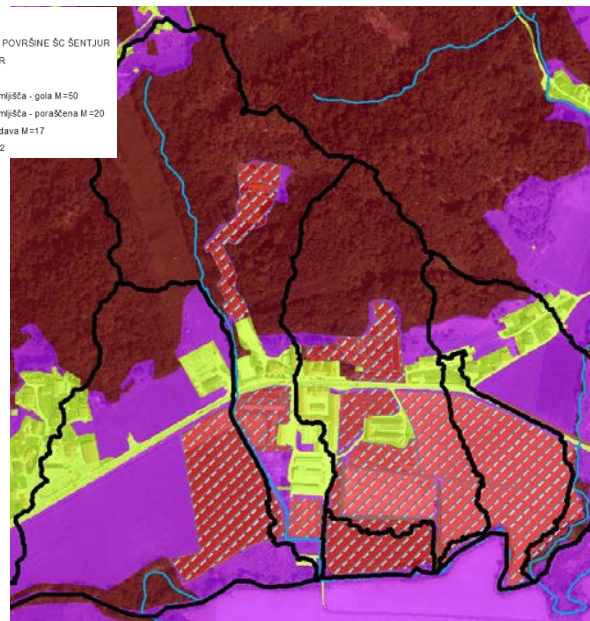
Kmetijske površine (gole) – $M=50$

Poseljena območja – $M=17$

Gozdovi – $M=12$



Slika 7: Določitev Manningovih koeficientov za njive s posevki – ŠC Šentjur



Slika 8: Določitev Manningovih koeficientov za golo njivo na lokacijah izbranih kmetij – ŠC Šentjur

5 REZULTATI

5.1 ARBITER

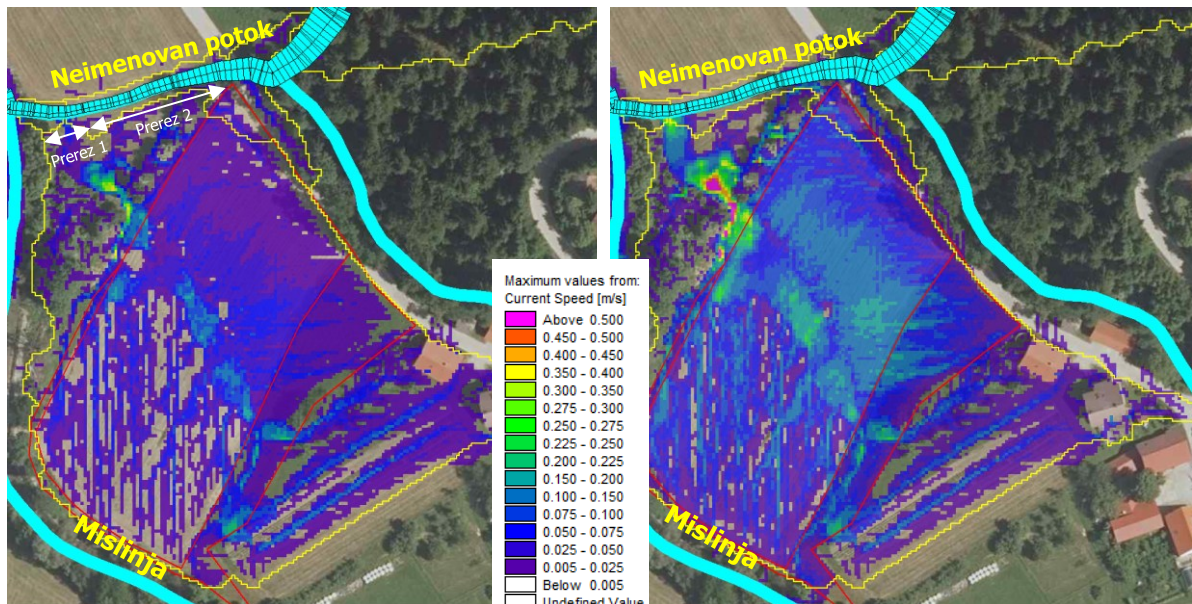
Kmetija Arbiter se nahaja na sotočju Mislinje in neimenovanega desnega pritoka. Zahodni rob kmetije predstavlja priobalni pas Mislinje (vodotok 1. reda), severni rob sega v priobalni pas neimenovanega potoka (vodotok 2. reda), na vzhodu pa meji na lokalno cesto. Kljub temu, da leži ob Mislinji, je prečni naklon obrnjen v nasprotno smer, zato odtok površinskih vod gravitira proti neimenovanemu potoku. Prispevno območje je pravzaprav razširjeno območje ob izbrani kmetiji in je enako omejeno na območje pod lokalno cesto in Mislinjo.

Rezultati modela odtoka padavinskih vod (Slika 9 in Slika 10) kažejo na to, da se padavinske vode razpršeno stekajo od Mislinje in od ceste proti sredini njive, kjer se ustvari koncentriran tok proti odvodniku na severu. Nekoliko večji prečni naklon je iz ceste proti sredini, zato se tam ustvarijo bolj izraziti tokovi in večje hitrosti. Slednje se še povečajo v primeru gole zemljine. Površinski odtok iz zemljišča se steka točkovno na dveh lokacijah (Slika 11) v neimenovani odvodnik tik pred izlivom slednjega v Mislinjo. Analizirane hitrosti pred iztokom v vodotok so za računski primer zemljišča s posevki majhne ($v < 0,1 \text{ m/s}$), za primer gole zemljine pa se povečajo za faktor 3. Lokalno, na robu kmetijskega zemljišča, kjer se teren višinsko spusti za 1m se pojavljajo tudi večje hitrosti od prikazanih na grafu, in sicer lokalno dosežejo $0,35 \text{ m/s}$ za zemljišče s posevki in $0,7 \text{ m/s}$ v primeru analize gole zemljine.

Analiza je prav tako pokazala pomemben vpliv pokrovnosti na višino površinskega odtoka. Konica hidrograma odtoka se v primeru analize gole zemljine poviša za ca 10 krat v primerjavi z njivo s posevki,

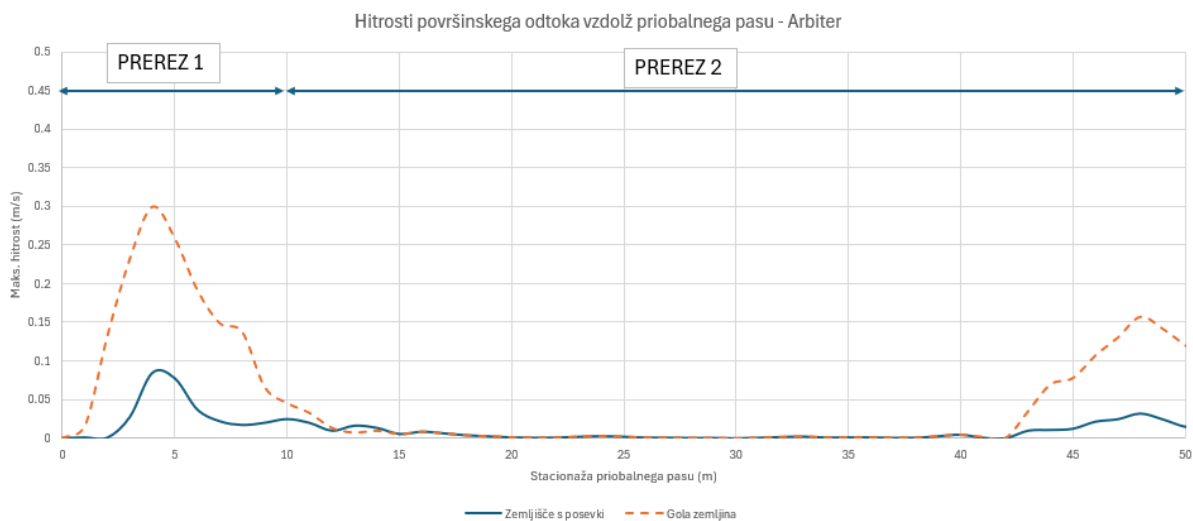
prav tako konica nastopi časovno prej. Oboje ima lahko negativni vpliv na hidrograme visokih vod dolvodno.

Območje priobalnega pasu Mislinje v primeru analizirane lokacije kmetije Arbiter nima bistvene funkcije na zmanjšanje vnosa hranil iz površinskega odtoka v vodotok.

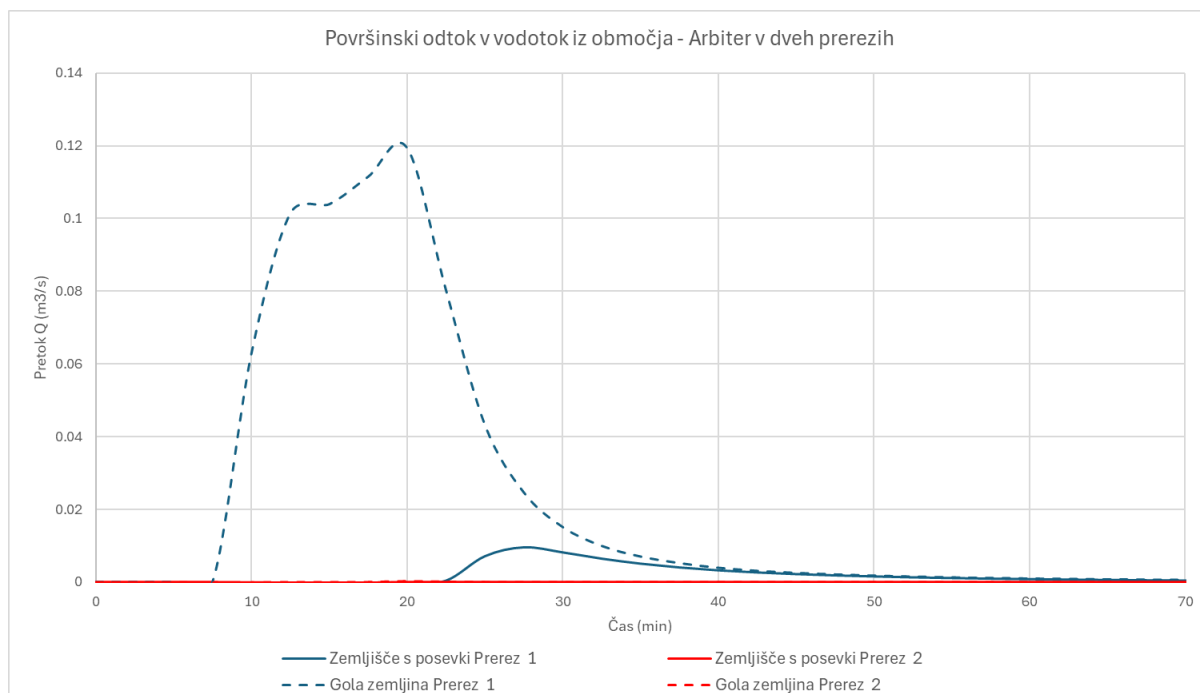


Slika 9: Slika hitrosti površinskega odtoka za simulacijo padavin na zemljini s posevki - Arbiter

Slika 10: Slika hitrosti površinskega odtoka za simulacijo padavin na golo zemljinu - Arbiter



Slika 11: Prerez maksimalnih hitrosti površinskega odtoka vzdolž priobalnega pasu pri kmetiji Arbiter za zemljinu s posevki in golo zemljinu



Slika 12: Primerjava hidrogramov površinskega odtoka v vodotok skozi prerez 1 in prerez 2 – Arbiter

5.2 DREV

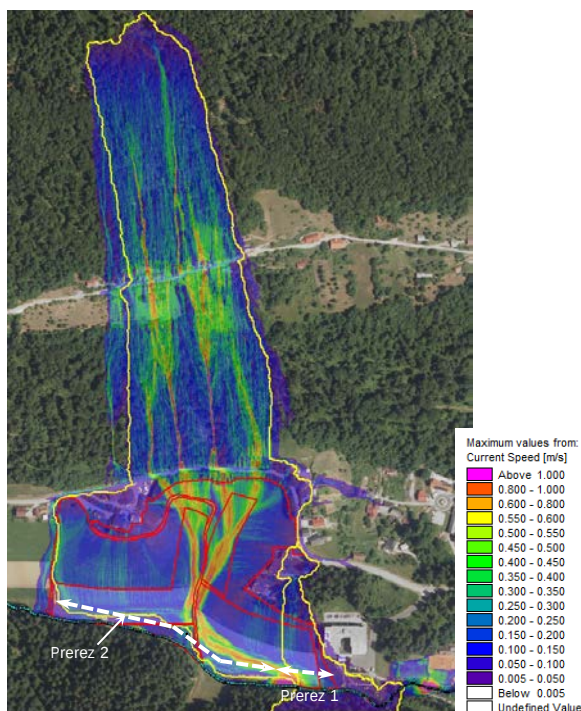
Del kmetije Drev se nahaja na levem bregu enega od povirnih krakov vodotoka Toplica, ki nato dolvodno teče skozi naselje Topolštica. Prispevno območje, ki gravitira na obravnavana kmetijska zemljišča sega visoko nad lokalno cesto, pod sam vrh Loma na višini 756 m. Višinska razlika med vrhom in vodotokom v dolini je 370 m. Prispevno območje je strmo (naklon ca 45%) in ozko ter usmerjeno S-J, prečno ga prečkata dve lokalni cesti. Izbrano območje kmetije Drev se nahaja med spodnjo cesto in vodotokom.

Rezultati simulacije padavinskega dogodka so pokazali, da se na prispevnem območju ustvarijo štirje izraziti koncentrirani tokovi padavinske vode. Ob prečkanju lokalne ceste se tokovi nekoliko razpršijo, vendar so hitrosti še vedno izrazite v štirih vejah, ki se nato združijo v dve vaji in tik pred izlivom v vodotok v enotni površinski odtok. Zaradi strmega terena se v območju koncentriranih tokov lahko pojavljajo visoke hitrosti ($v > 1\text{ m/s}$), ki lahko povzročajo tudi erozijo.

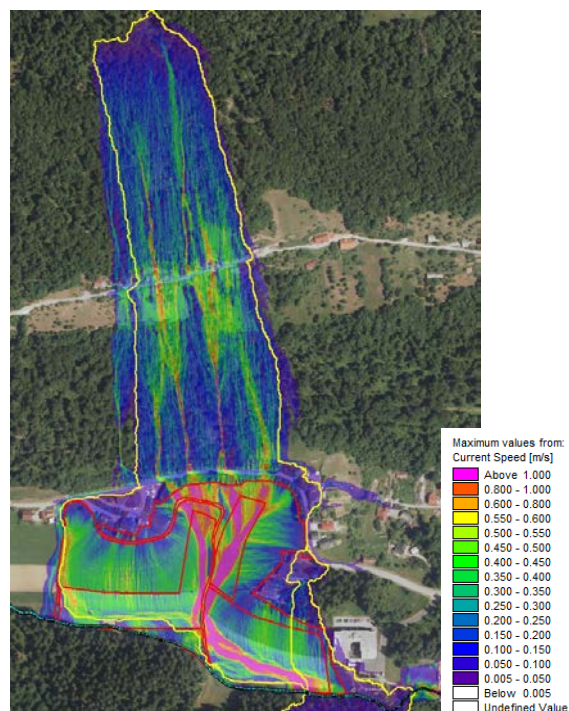
Iz primerjave hitrostnih polj med zemljiščem s posevki in golo zemljino na spodnjih slikah (Slika 13 in Slika 14) je razvidno, da se na celotnem območju kmetije, v primeru gole zemljine, hitrost površinskega odtoka poveča tudi za več kot 100% (Slika 15), v območju koncentriranih tokov pod cesto pa je hitrost vode na celotni dolžini do izliva v vodotok večja od 1 m/s.

Dolžina obvodnega pasu, ki meji na predmetno kmetijsko zemljišče je ca 385 m. Na podlagi rezultatov 2D modela smo ovrednotili vrednost površinskega odtoka v izdelani simulaciji padavin ($Q_{100} - 30\text{ min}$) v dveh prerezih. Prerez 1 predstavlja območje koncentriranega dotoka padavinske vode v vodotok ($L=80\text{ m}$), prerez 2 predstavlja disperzni dotok na dolžini 300m. Rezultati so prikazani na spodnjem grafu (Slika 16).

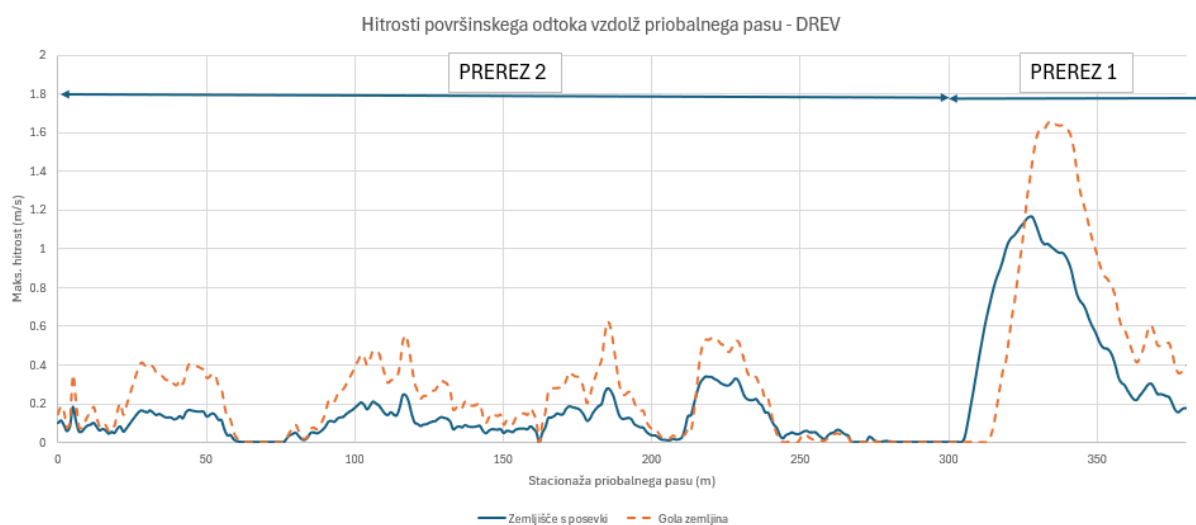
Glavnina površinskega odtoka iz kmetijskega zemljišča steka v vodotok na zelo omejeni dolžini obvodnega pasu, na skrajnem vzhodnem robu območja, in sicer v dolžini ca 80m (prerez 1). Dotok v prerezu 1 je v primeru analize zemljine s posevki ca 7 krat večji kot razpršeni dotok v prerezu 2. V primeru gole zemljine se tudi razpršeni dotok poveča, vendar je v območju koncentriranih tokov dotok še vedno bistveno večji.



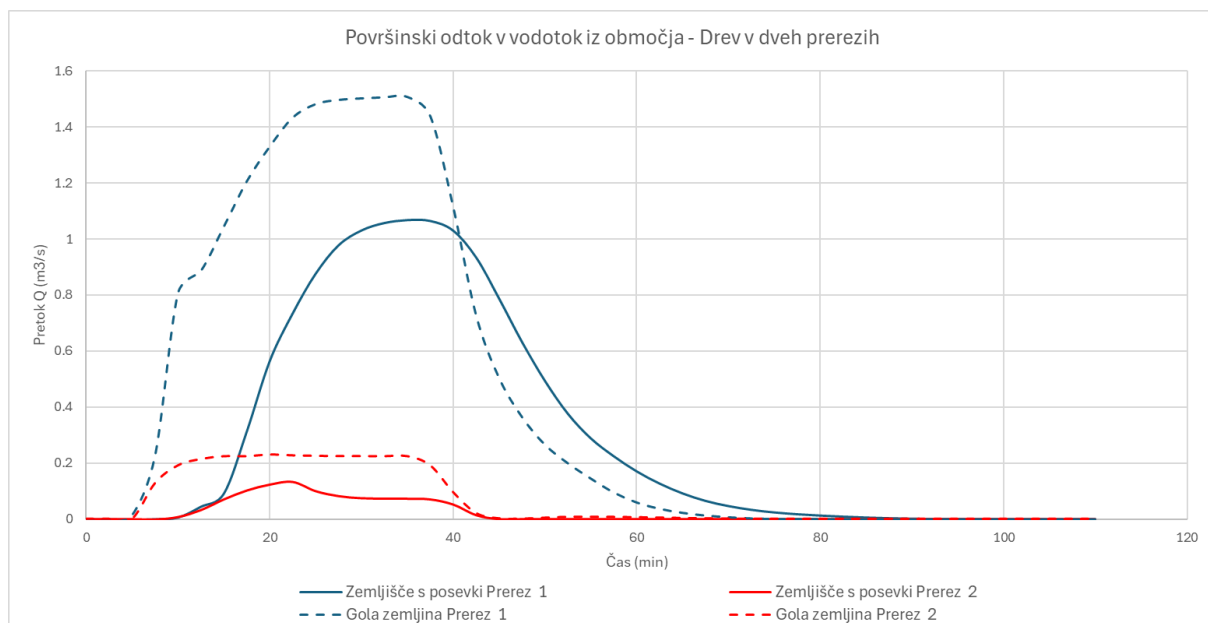
Slika 13: Slika hitrosti površinskega odtoka za simulacijo padavin na zemljini s posevki - Drev



Slika 14: Slika hitrosti površinskega odtoka za simulacijo padavin na golo zemljino - Drev



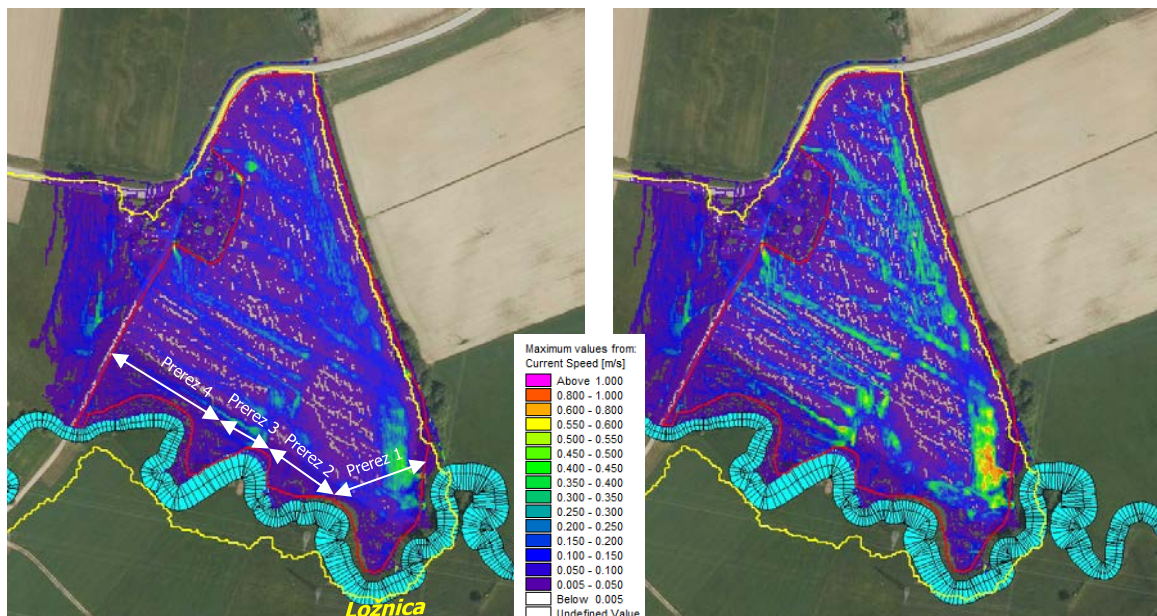
Slika 15: Prerez maksimalnih hitrosti površinskega odtoka vzdolž priobalnega pasu pri kmetiji Drev za zemljino s posevki in golo zemljino



Slika 16: Primerjava hidrogramov površinskega odtoka v vodotok skozi prerez 1 in prerez 2 - Drev

5.3 TERGLAV

Izbrano območje kmetije Tergrav se nahaja na levem bregu vodotoka Ložnica v občini Polzela. Območje je umeščeno med lokalno cesto na severu in potokom Ložnica na jugu, na vzhodu meji na melioracijski jarek na zahodu pa na dostopno pot. Lokalna cesta z odvodnim jarkom preseka prispevno območje, ki se dviga do vrha Dominik na višini 381 m in odvaja padavinske vode po obcestnem jarku v melioracijski jarek na vzhodni strani obravnavnega zemljišča. Prispevno območje, ki gravitira na izbrano kmetijo Tergrav in naprej na Ložnico predstavlja hkrati območje izbrane kmetije. Naklon prispevnega območja oziroma kmetije Tergrav je razmeroma majhen in znaša 2,5%.



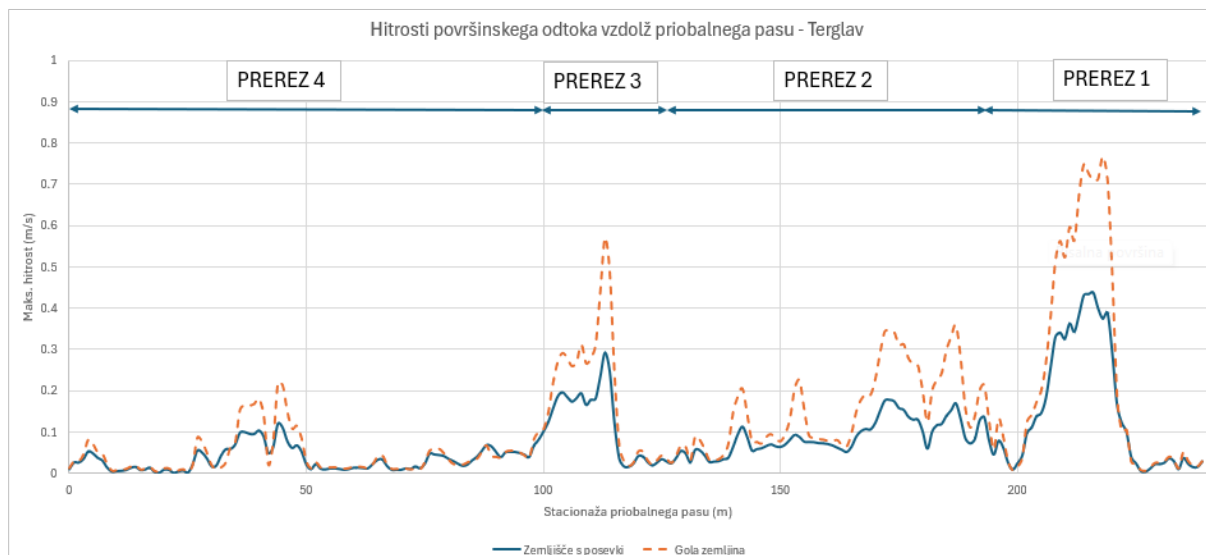
Slika 17: Slika hitrosti površinskega odtoka za simulacijo padavin na zemljini s posevki - Tergrav

Slika 18: Slika hitrosti površinskega odtoka za simulacijo padavin na golo zemljino - Tergrav

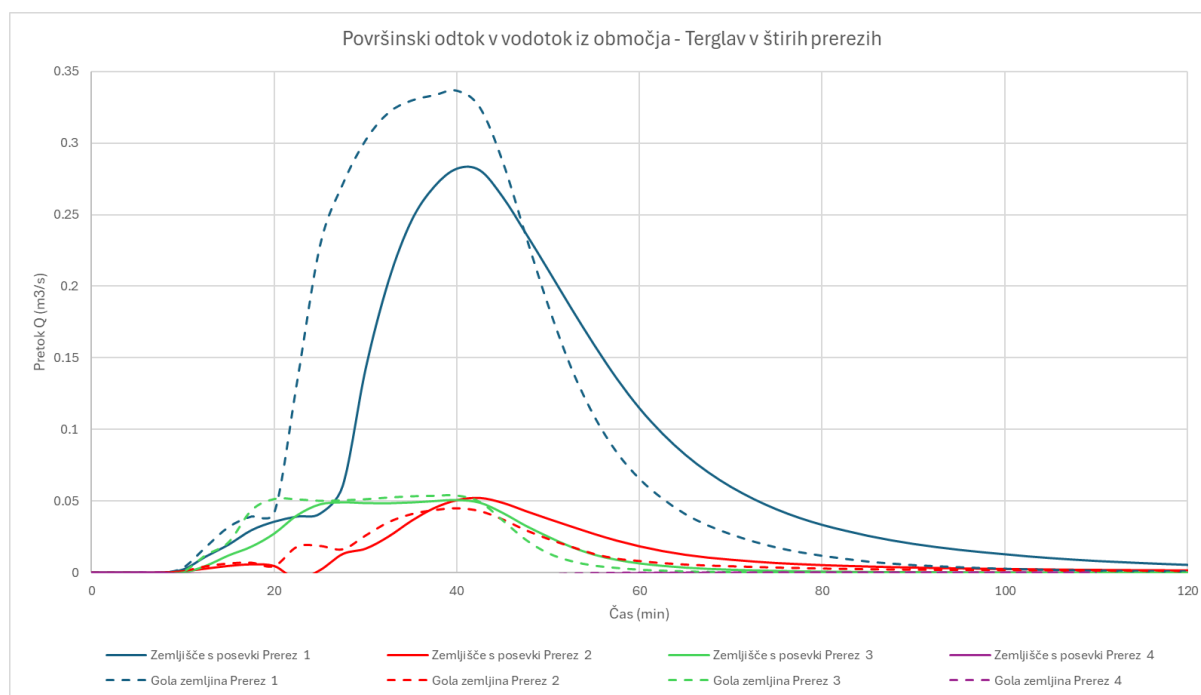
Rezultati hidravlične analize padavinskega odtoka so pokazali, da se padavinska voda v večini steka po obstoječih ornih brazdah na vzhodni rob zemljišča in nato teče kot vzporedni tok ob melioracijskem jarku

do Ložnice. Del padavinske vode se steka tudi v drugem ločenem toku v Ložnico nekje na sredini dolžine priobalnega pasu. Za lažjo določitev razporeditve pretoka in hitrosti toka pred vtokom v Ložnico smo primerjavo izdelali na lokacijah označenih prereзов na zgornji sliki (Slika 17), in sicer v skupni dolžini ca 240m. Zaradi naravnega meandrirajočega toka je dejanska dolžina levega brega Ložnice ob izbranem kmetijskem zemljišču 417 m. Iz grafa hitrosti in pretokov (Slika 19 in Slika 20) je razvidno, da je znaten tudi razpršeni dotok v prerezu 2.

Podobno kot v pri Arbitru in Drevu se pozna povišanje konice dotokov padavinske vode v primeru gole zemljine.



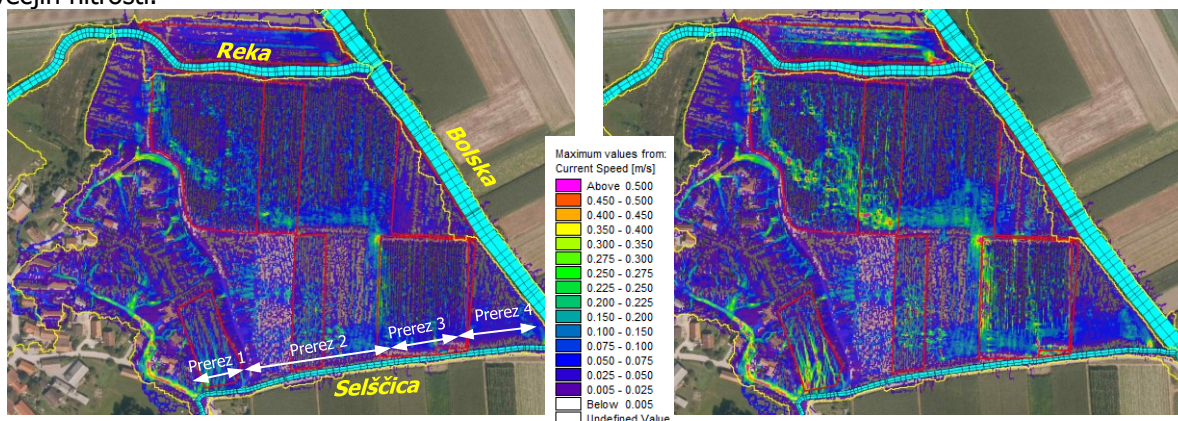
Slika 19: Prerez maksimalnih hitrosti površinskega odtoka vzdolž priobalnega pasu pri kmetiji Terglav za zemljinu s posevki in golo zemljinu



Slika 20: Primerjava hidrogramov površinskega odtoka iz območja Terglav v vodotok Ložnica skozi prereze 1 - 4

5.4 ŠLANDER

Izbrano območje kmetije Šlander leži zahodno od Grajske vasi. Na ožjem izbranem območju je evidentiranih 8 zemljišč. Zemljišče z domačim imenom »Prode« leži na levem bregu Reke in nima enakega prispevnega območja kot ostala zemljišča, zato smo to njivo izločili iz območja analize površinskega odtoka. Preostala zemljišča na tem območju so obdana s tremi vodotoki, in sicer z dvema desnima pritokoma Bolske in Bolsko na vzhodnem robu. Po severnem robu teče Reka, po južnem pa Selščica. Na podlagi digitalnega modela reliefa je ugotovljeno, da po naklonu prispevno območje gravitira na Selščico. Prispevno območje ima blagi naklon zato hitrosti toka padavinske vode ne dosegajo večjih hitrosti.

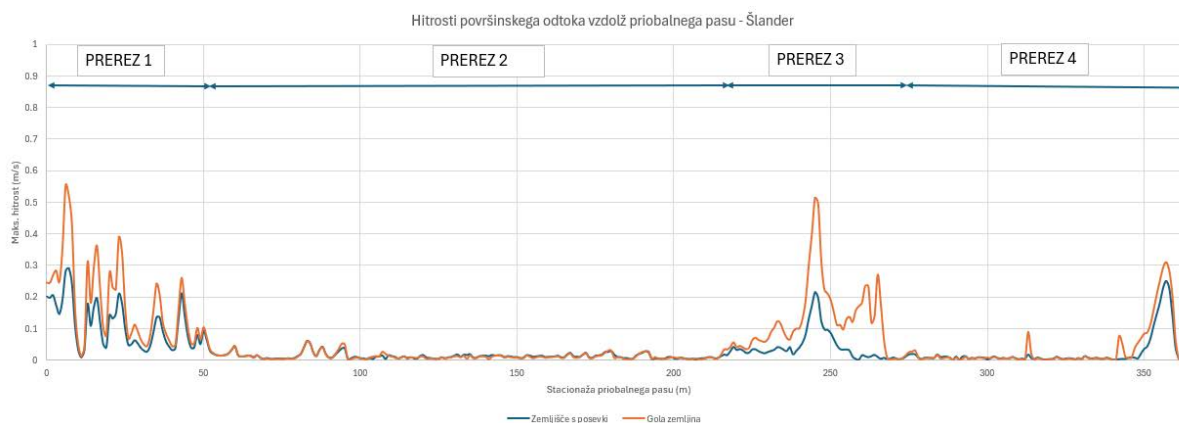


Slika 21: Slika hitrosti površinskega odtoka za simulacijo padavin na zemljini s posevki - Šlander

Slika 22: Slika hitrosti površinskega odtoka za simulacijo padavin na golo zemljino - Šlander

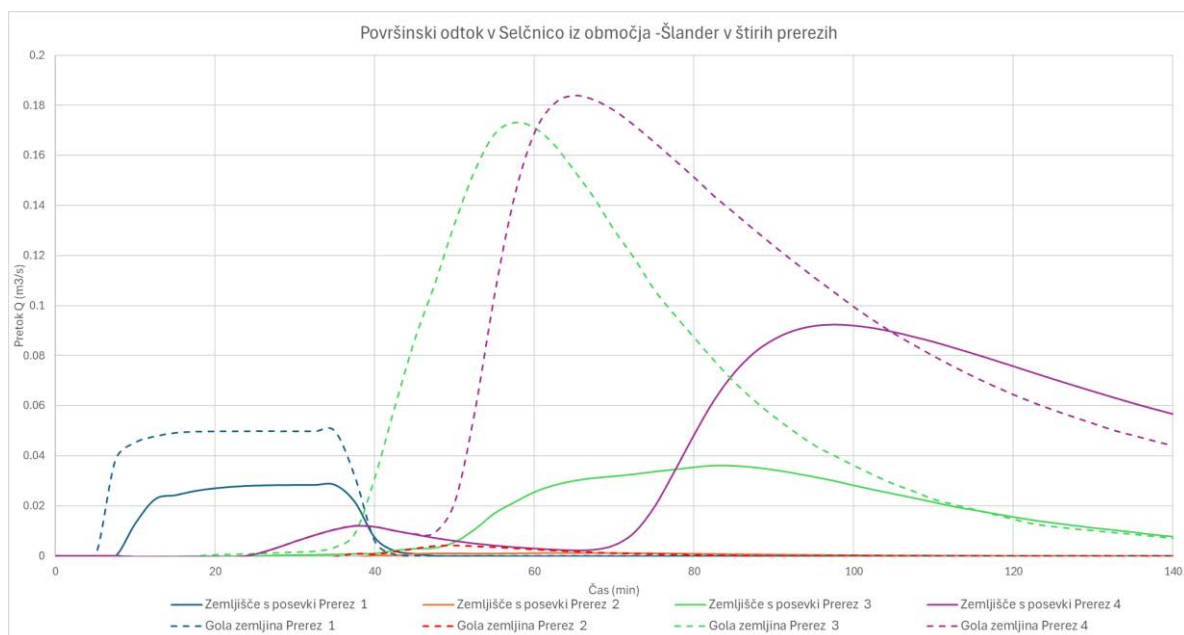
Iz rezultatov je razvidno, da se največja hitrost površinskega odtoka pojavi na skrajnem zahodnem robu prispevnega območja, kjer meteorna voda odteka po lokalni cesti proti Selščici. Na kmetijskih površinah je videti, da se nekoliko izrazitejši tok ustvari iz severozahodne smeri diagonalno proti Selščici. V obeh računskih primerih je opaziti izrazito točkovno prelihanje njivske poti na SZ vogalu njive »Lave 2«, kjer kota terena najnižja. V takšnih točkah lahko ob večjih nalivih pride tudi do lokalne erozije. Površinski odtok se nato usmeri proti Selščici. Leva brežina Selščice je nekoliko dvignjena od preostalega terena, zato se površinski odtok delno usmeri proti zahodu in teče vzporedno s Selščico ter se steka vanjo tik pred sotočjem z Bolsko (prerez 4). Takšna konfiguracija terena povzroči tudi zastajanje vode ob levi brežini, saj višja brežina onemogoča neposredni odtok v vodotok.

Analiza padavinskega dogodka Q100 s trajanjem 30 min je pokazala, da se padavinska voda iz kmetijskih površin izraziteje steka v Selščico v treh lokacijah, in sicer na območju njive z domačim imenom »Na hribu – Lajfi«, kjer so vidni nekoliko izrazitejši tokovi padavinskega odtoka, ki se razpršeno stekajo v vodotok, točkovno na južnem robu njive »Lave 2« (prerez 3) in pa točkovno tik pred sotočjem Selščice z Bolsko (prerez 4). Takšno stanje prikazuje tudi razporeditev hitrosti v 4 prerezih površinskega toka v priobalnem pasu. Lokacijo prereзов prikazuje Slika 21.



Slika 23: Prerez maksimalnih hitrosti površinskega odtoka vzdolž priobalnega pasu pri kmetiji Šlander za zemljino s posevki in golo zemljino

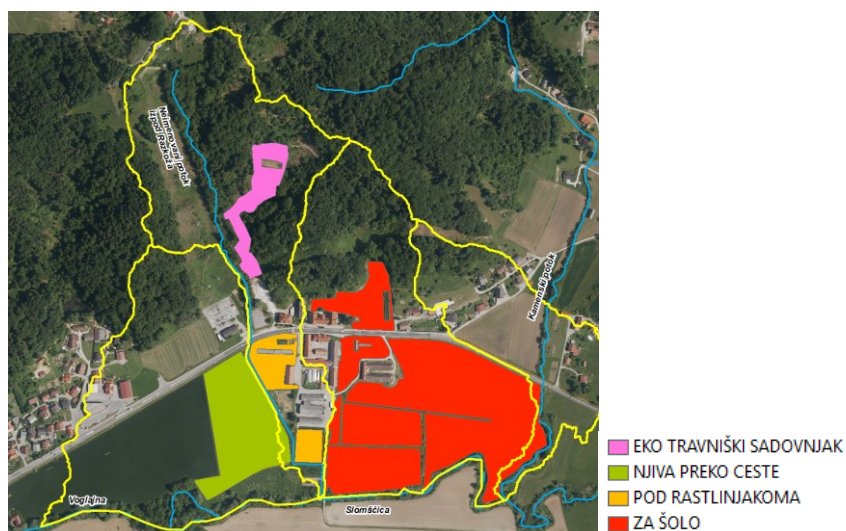
Primerjava hidrogramov obeh simulacij površinskega odtoka kažeta na znatno povečanje konice hidrogramov v primeru zemljine brez posevkov ter tudi pospešitev odtoka (konica nastopi hitreje kot v primeru zemljine s posevki), kar pa ima lahko negativni vpliv v primeru koincidence na odtočne in razmere dolvodno.



Slika 24: Primerjava hidrogramov površinskega odtoka iz območja Terglav v vodotok Ložnica skozi prerez 1 - 4

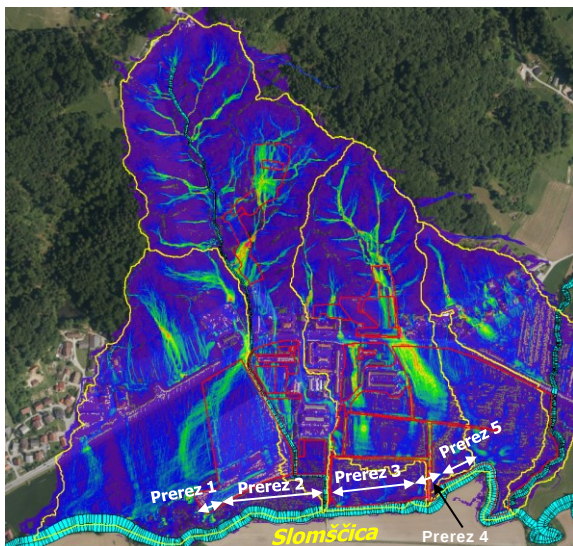
5.5 ŠC ŠENTJUR

Območje ŠC Šentjur se nahaja na desnem bregu vodotoka Slomščica ca 250m gorvodno od njenega sotočja z Voglajno, in sicer v naselju Bezovje – pri Šentjurju. Iz zalednega Bezovskega gozda, ki se dviga nad kmetijsko šolo se v dolino stekata še dva desna pritoka Slomščice, in sicer Kamenski potok in neimenovani potok izpod Razkoža. Območje ŠC Šentjur je razdeljeno na 4 podobmočja, saj posamezne lokacije pripadajo različnim prispevnim območjem. Podobmočja so poimenovana v skladu s poimenovanjem domačih imen (Slika 25).

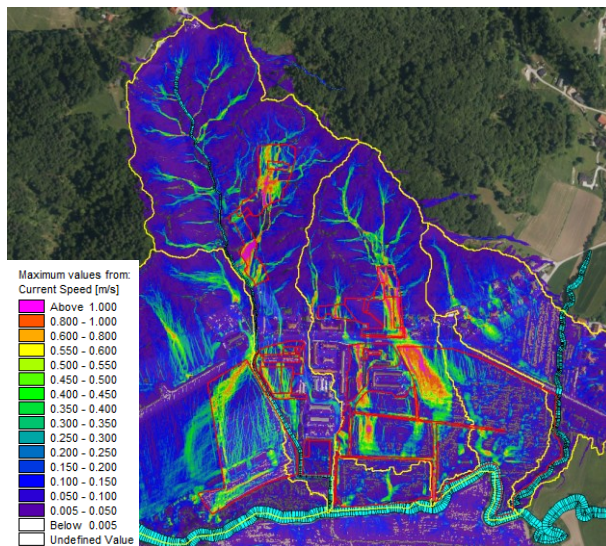


Slika 25: Razdelitev lokacij po domačem imenu

Za razliko od ostalih kmetij, je na lokaciji ŠC Šentjur analiziran odtok iz širšega prispevnega območja. Za tak pristop smo se odločili zaradi razpršenosti lokacij posameznih kmetij ter oblike in velikosti predmetnega podporečja. Analiza posameznih prispevnih območij je pokazala, da območji »eko travniški sadovnjak« in »pod rastlinjakoma« pripadata prispevnemu območju Neimenovanega potoka iz Razkoža, prispevno območje »za šolo« pa gravitira neposredno na Slomščico. Manjši zahodni del območja »za šolo« sicer pripada prispevnemu območju, ki je del Kamenskega potoka, vendar smo za namen analize ta del zanemarili. Površinski odtok iz prispevnega območja »njiva preko ceste« pa se delno steka proti Slomščici delno pa že v Voglajno.



Slika 26: Slika hitrosti površinskega odtoka za simulacijo padavin na zemljini s posevki – ŠC Šentjur



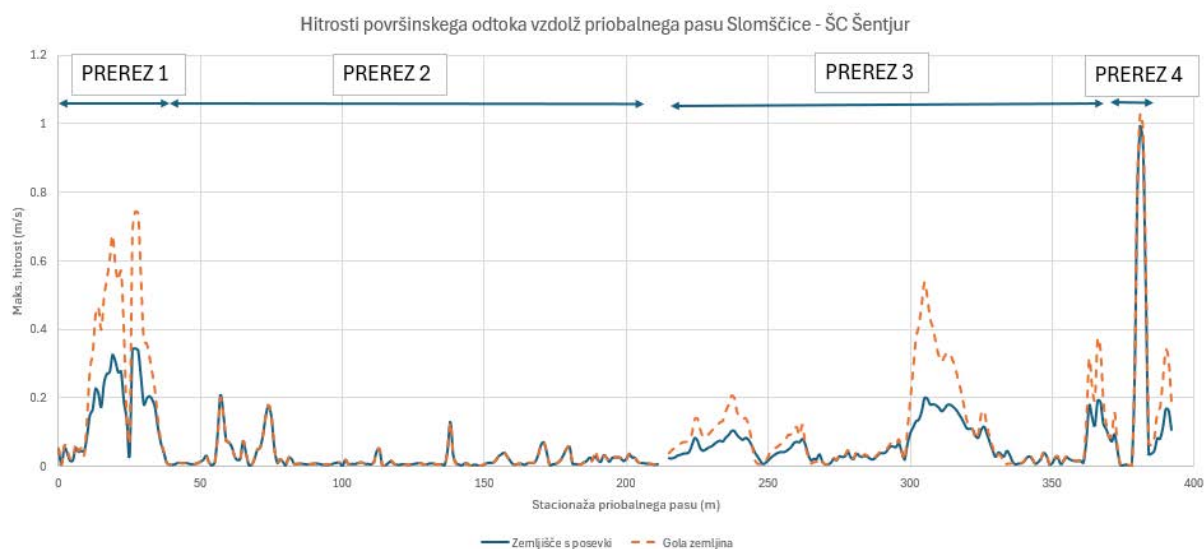
Slika 27: Slika hitrosti površinskega odtoka za simulacijo padavin na goli zemljini - ŠC Šentjur

Rezultati so pokazali, da se na območju »za šolo« najprej nad cesto ustvarita dva tokova površinskega odtoka, od katerih je zahodni bistveno bolj intenziven. Oba tokova pritečeta iz gozdnih grap gorvodnega zaledja in se preko kmetijskih zemljišč stekata dolvodno čez cesto na kmetijska zemljišča preden se združita v enotni površinski tok in se točkovno stekata v Slomščico (Slika 28 – izrazit skok krivulje hitrosti v prerezu 4). Zaradi večjega naklona prispevnega območja je analiza spremembe pokrova pokazala znatno povečanje hitrosti površinskega odtoka, predvsem na odseku nad in pod cesto. Hitrosti v primeru golih zemljišč lahko narastejo tudi nad 1m/s in predstavljajo nevarnost za erozijo.

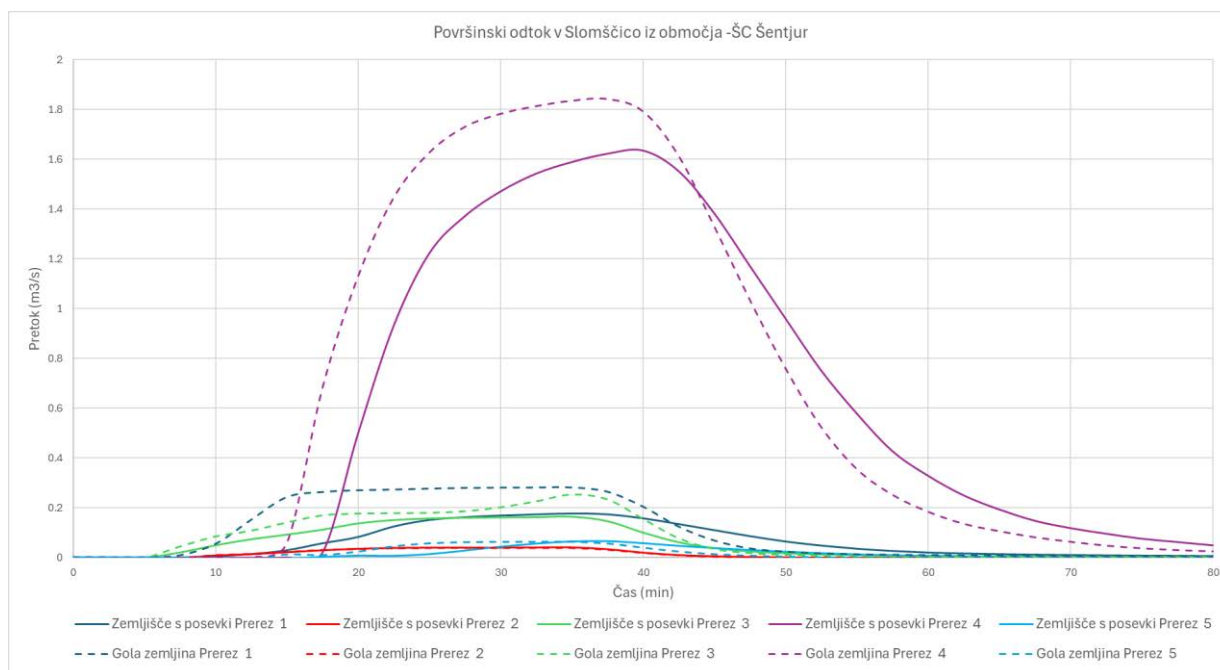
Tudi v severnem delu območja »eko travniškega sadovnjaka« se ob večjih nalivih lahko ustvarijo izraziti tokovi meteorne vode z lokalno večjimi hitrostmi ($v > 1\text{m/s}$). Koncentriran tok se nadaljuje vse do izliva v neimenovani vodotok, tako da je večji del območja »eko travniški sadovnjak« potencialno podvržen površinski eroziji in intenzivnemu spiranju hranil.

Na območju »njiva preko ceste« se ob nalivih ustvari glavni površinski tok v njenem severnem delu ob cesti. Meteorna voda priteče iz gorvodnih gozdnih grap iznad stikališča, nato teče ob stikališču do ceste, ki jo preljuje. Pod cesto se tok usmeri proti jugozahodu in se delno steka v Slomščico delno pa v Voglajno. Tudi na severno območje »pod rastlinjakoma« se stekajo površinski tokovi padavinske vode, ki nastanejo nad cesto. Zaradi rastlinjaka, ki leži prečno na tok površinske vode, se oblikuje dva tokova, od katerih je bolj izrazit tok po zahodnem robu oziroma ob vodotoku. Slednji se steka v vodotok točkovno pred južno njivo območja »pod rastlinjakoma«.

Primerjava hidrogramov odtoka za obravnavan računski primer vzdolž priobalnega pasu Slomščice izkazuje izrazit točkovni dotok površinskega toka v prerezu 4. Slednji je kar za 9-krat višji od dotoka meteorne vode v prerezu 1. Nekoliko večji je še dotok v prerezu 3, kjer je iz slike maksimalnih hitrosti razvidno, da je površinski dotok bolj izrazit v dveh lokacijah, medtem ko v prerezu 2 in 5 prevladuje bolj razpršen dotok, ki je napram ostalim točkovnim vtokom zanemarljivo majhen.



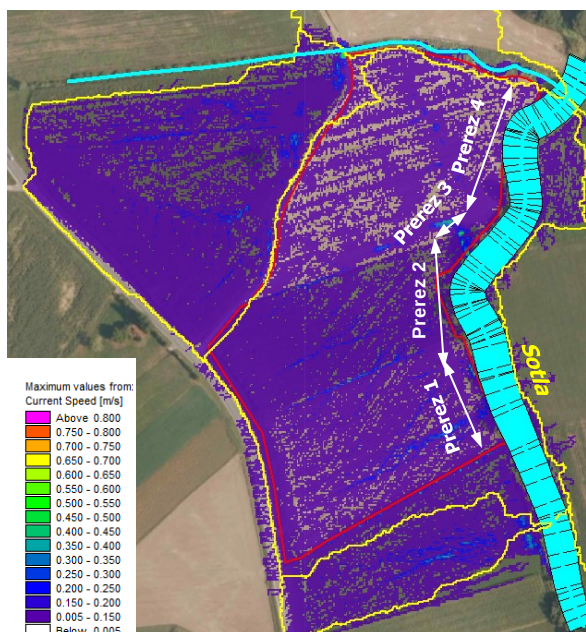
Slika 28: Prerez maksimalnih hitrosti površinskega odtoka vzdolž priobalnega pasu ŠC Šentjur za zemljinu s posevki in golo zemljinu



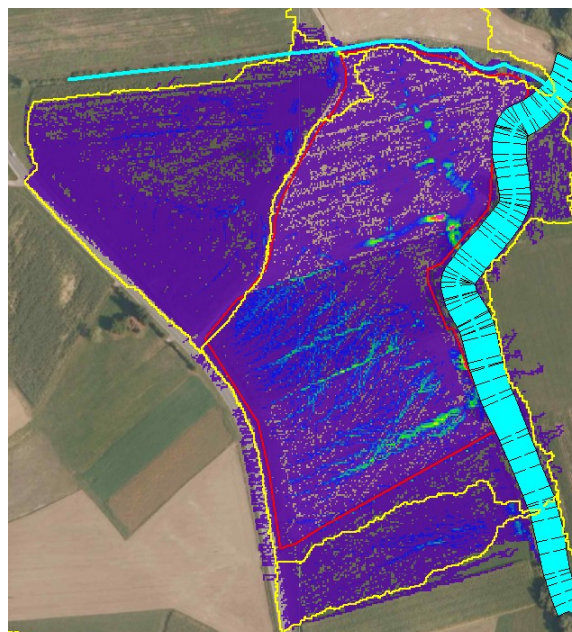
Slika 29: Primerjava hidrogramov površinskega odtoka iz območja ŠC Šentjur v vodotok Slomščica skozi prerez 1 - 5

5.6 GERK KUNEJ (SENICA)

Gerk Kunej se nahaja na desnem bregu Sotle in njenega neimenovanega desnega pritoka, severno od naselja Sedlarjevo v občini Podčetrtek. Na severni in vhodni strani območje Kunej meji na oba vodotoka, na zahodu delno na regionalno cesto R1 Golobinjek – Bistrica, na jugu pa na kmetijske površine. Na zahodni strani ceste je izveden obcestni jarek, ki odvodnjava zaledne vode, ki se stekajo iz Zaglavice proti cesti v neimenovan pritok Sotle. Regionalna cesta predstavlja ločnico v prispevnem območju, tako da se na območje Kunej stekajo samo padavinske vode, ki padejo na samo območje GERK Kunej. Rezultati so pokazali, da analiza predmetnega padavinskega dogodka v primeru njive s posevki povzroči majhne odtočne hitrosti padavinske vode.



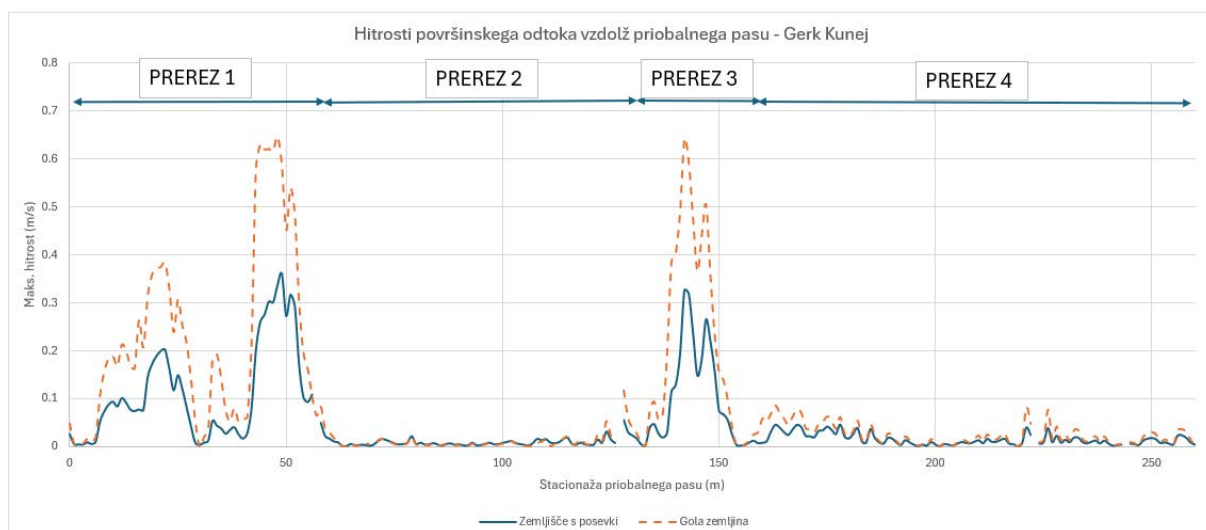
Slika 30: Slika hitrosti površinskega odtoka za simulacijo padavin na zemljini s posevki – Gerk Kunej



Slika 31: Slika hitrosti površinskega odtoka za simulacijo padavin na goli zemljini – Gerk Kunej

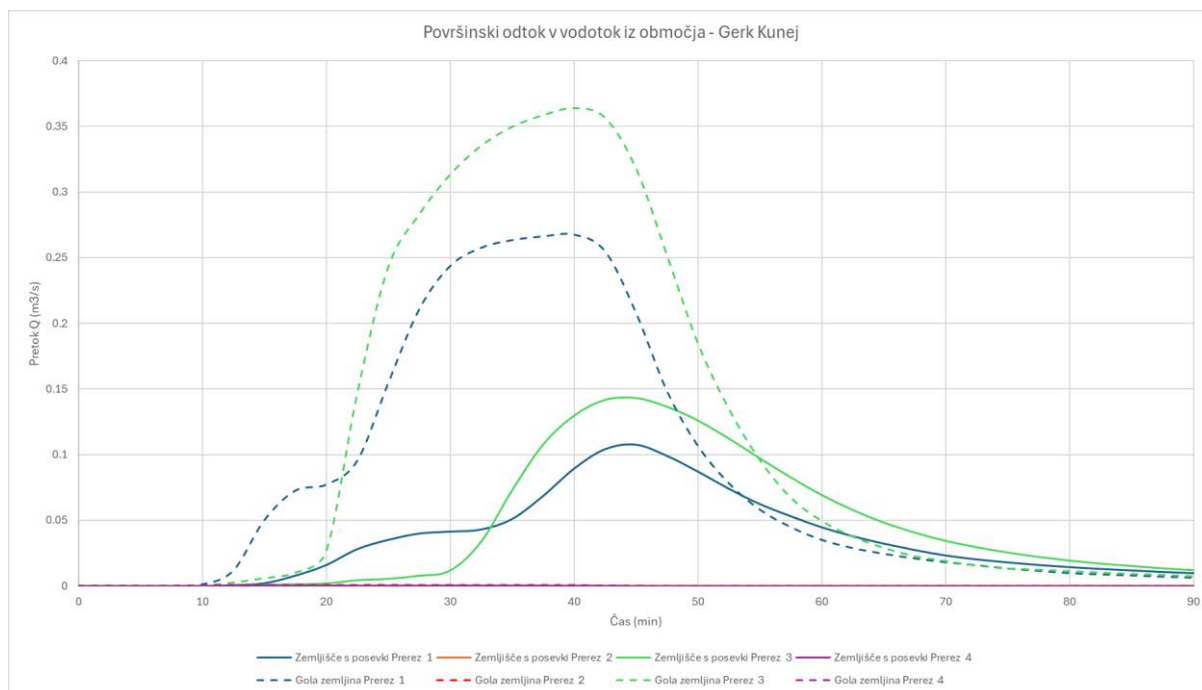
Analiza padavinskega odtoka kaže, da se glavnina površinskega odtoka točkovno steka v Sotlo v dveh lokacijah. Prva lokacija je približno na sredini vzdolž meje priobalnega pasu, v katero se stekajo predvsem padavinske vode iz severnega dela zemljišča. Na drugi lokaciji, na južnem delu meje priobalnega pasu, se v razdalji ca 50 m stekajo v Sotlo površinske vode, ki se zbirajo na zemljišču med regionalno cesto in vodotokom. Slika 32 prikazuje da je na tem odseku priobalnega pasu (odsek 1) dotok izrazitejši v dveh točkah.

Pretok in hitrosti so večje v primeru analize zemljišča brez posevkov (Slika 30 in Slika 31). Hitrosti toka vode v priobalnem pasu se pri zemljini brez posevkov, v območju točkovnih izlivov v Sotlo, povečajo tudi za 100% v primerjavi z zemljino s posevki.



Slika 32: Prezek maksimalnih hitrosti površinskega odtoka vzdolž priobalnega pasu na območju Gerk Kunej za zemljino s posevki in golo zemljino

Graf pretoka (Slika 33) v posameznem prerezu prikazuje, da se ves površinski odtok steka v Sotlo v območju Prereza 1 in 3. Pretok v Prerezu 2 in 4 je neznaten.

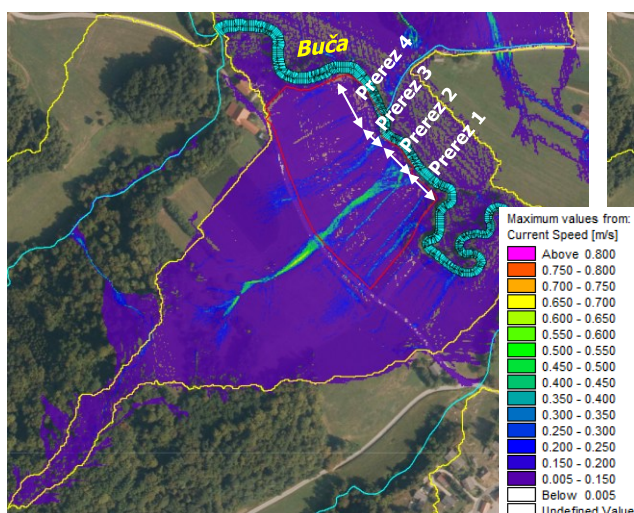


Slika 33: Primerjava hidrogramov površinskega odtoka iz območja Gerk Kunej v vodotok Sotla skozi prerez 1 - 4

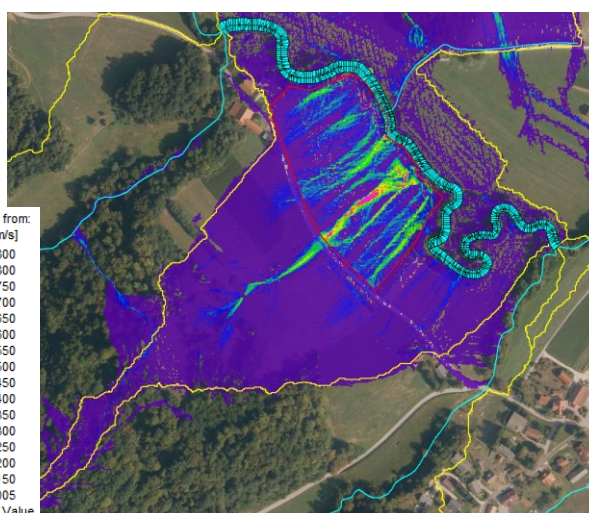
5.7 SENICA

Kmetija Senica se nahaja na desnem bregu vodotoka Buča v naselju Polje ob Sotli v občini Podčetrtek. Prispevno območje, ki gravitira na izbrano območje kmetije Senica sega pod vrh Rebernice, ki se dviguje nad lokalno cesto na zahodu.

Rezultati analize padavinske simulacije so pokazali, da se na prehodu prispevnega območja, iz ozke gozdne grape v dolinski profil, ustvari izrazit tok padavinske vode. Slednji se steka proti lokalni cesti in se nadaljuje vse do izliva v vodotok Buča. Med cesto in vodotokom se ustvari tudi več vzdolžnih tokov, ki se stekajo neposredno v Bučo. V primeru analize zemljine brez posevkov so ti tokovi zelo izraziti. Hitrosti lokalno dosežejo tudi 0,8 m/s, na izlivu v Bučo pa tudi 1,4 m/s. V območju koncentriranih tokov lahko, v času ko na njivi ni posevkov, pride tudi do odnašanja zemljine.

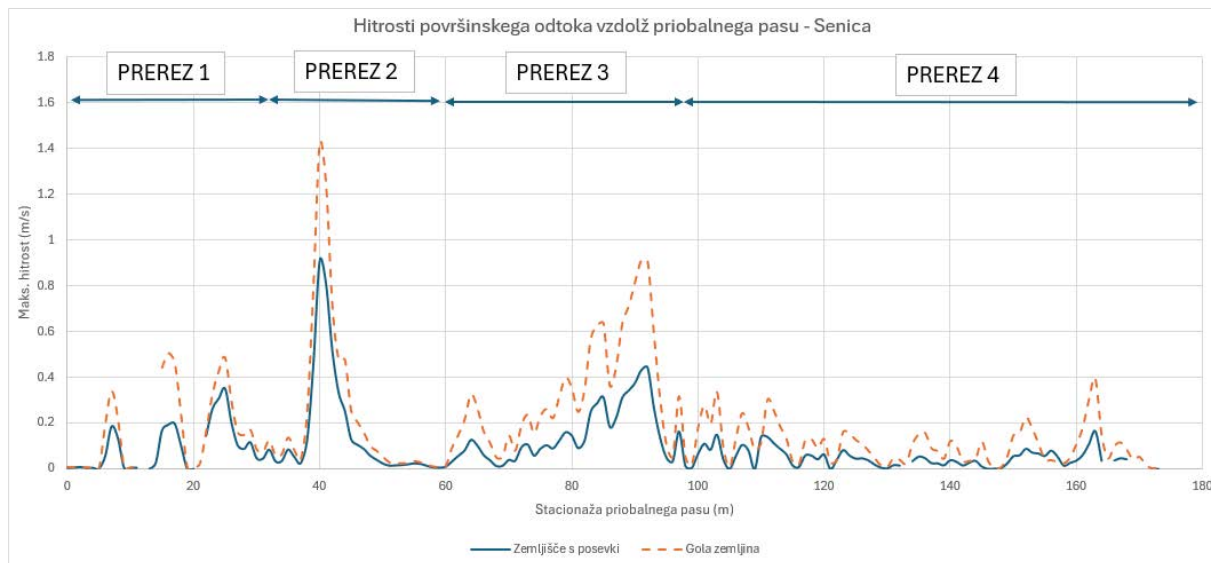


Slika 34: Slika hitrosti površinskega odtoka za simulacijo padavin na zemljini s posevki – Senica



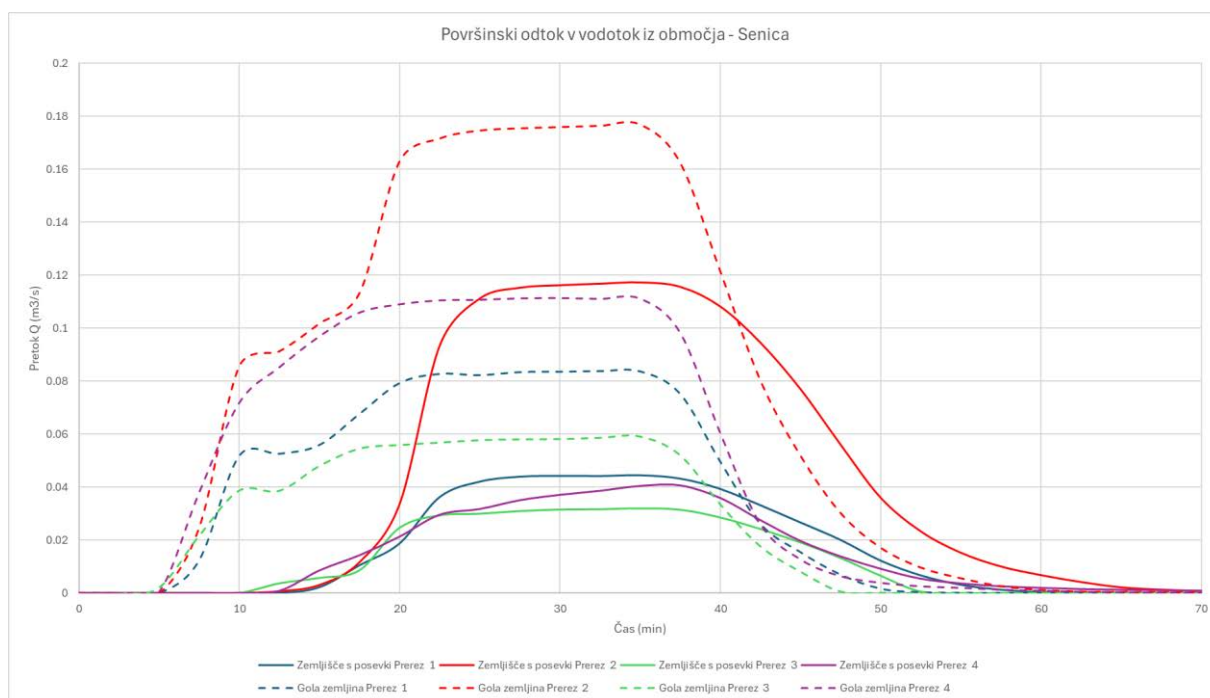
Slika 35: Slika hitrosti površinskega odtoka za simulacijo padavin na goli zemljini – Senica

Čeprav je iz grafa razporeditve hitrosti v priobalnem pasu razvidno, da se padavinska voda iz izbranega območja kmetije Senica razpršeno steka v vodotok vzdolž celotnega priobalnega pasu, pa po intenzivnosti izstopata prereza 2 in 3.



Slika 36: Prerez maksimalnih hitrosti površinskega odtoka vzdolž priobalnega pasu na območju kmetije Senica za zemljišče s posevki in golo zemlino

Da gre v danem primeru za površinski dotok v Bučo iz izbranega območja vzdolž celotnega priobalnega pasu, dokazuje spodnji graf pretokov, iz katerega je razvidno, da so si, z izjemo prereza 2, hidrogrami pretoka v ostalih prerezih zelo podobni.



Slika 37: Primerjava hidrogramov površinskega odtoka iz območja kmetije Senica v vodotok Buča skozi prerez 1 - 4

6 ZAKLJUČKI

Z metodo hidravličnega modeliranja površinskega odtoka padavinske vode iz posameznih njiv lahko posredno preko izračunanih fizikalnih parametrov toka vode (hitrosti, vlečne sile, pretok) opišemo vlogo priobalnega pasu za namen zmanjševanja vnosa hranil in drugih onesnažil v vodotok.

Vsem analiziranim primerom je skupno, da se vzdolž priobalnega pasu pojavljajo bolj koncentrirani tokovi površinske vode, vmes pa je dotok lahko zelo majhen in predstavlja zanemarljiv delež odtoka iz posameznega območja. Na podlagi izdelanih analiz lahko ugotovimo, da se na kmetijah z večjim naklonom ali kmetijah, na katere gravitira padavinska voda iz strmega zaledja, pogosto ustvarijo izraziti tokovi padavinskih vod, ki dosežejo tudi večje hitrosti in lahko povzročajo erozijske procese. Pogosto se slednji točkovno izlivajo v vodotoke in predstavljajo glavni površinski tok iz določene njive. Takšni primeri so analizirana območja kmetij Drev, območji »za Šolo« in »Eko travniški sadovnjak« pri ŠC Šentjur ter območje kmetije Senica.

Tudi na kmetijah z manjšim naklonom je analiza pokazala, da konfiguracija terena narekuje potek površinskega odtoka. V analiziranih primerih območij kmetij Arbiter, Terglav, Šlander in Gerk Kunej-Senica prispevno območje ni bistveno večje od območja kmetije, kar pomeni, da površinski odtok predstavlja le padavinska voda, ki pade na območje same njive. Tudi v tem primeru rezultati kažejo, da površinski odtok vzdolž priobalnega pasu ni enakomeren in je omejen na posamezni odsek ali točkovni iztok.

Vsi analizirani primeri potrjujejo, da zemljišče s posevki zmanjšuje tako hitrost površinskega toka kot tudi višino dotoka padavinske vode v vodotok v primerjavi z »golo« zemljino, vpliva pa tudi na časovno razporeditev konice hidrograma. Primerjava hidrogramov v posameznih prerezih prav tako kaže, da je pri razpršenem površinskem dotoku vpliv pokrovnosti zemljine na hitrosti in pretok manjši kot pri koncentriranem toku oziroma točkovnem vtoku v vodotok.

Čeprav ima priobalni pas vodotokov pomembno večplastno varovalno oz. zaščitno funkcijo, pa rezultati padavinskega modela in simulacije odtoka kažejo, da je slednji zelo neenakomerno izpostavljen tokovom padavinske vode in posledično funkciji zmanjševanja spiranja hranil v vodotok. V vseh analiziranih primerih se pojavljajo izrazito točkovne lokacije dotoka površinske vode iz njiv v vodotok, mestoma je opaziti razpršen dotok na krajših odsekih priobalnega pasu, v večjem delu pa prevladujejo daljši odseki minimalnega ali zanemarljivega dotoka površinske vode v vodotok. V okviru oblikovanja trajnostnih kmetijskih praks z vidika zaščite kakovosti voda bi bilo tako priporočljivo, da se v najbolj obremenjenih točkah priobalnega pasu integrirajo sistemi za povečanje samočistilne sposobnosti (npr. ekoremediacije).

Izdelala:
Tijana MIČIĆ, udivki