

VIŠJA STROKOVNA ŠOLA ACADEMIA

MARIBOR

**SISTEMI ODVODNJAVANJA CESTE IN
PLOČNIKA NA PRAKTIČNEM PRIMERU**

Kandidatka: Melani Predan

Vrsta študija: študentka izrednega študija

Študijski program: Gradbeništvo

Mentor predavatelj: Bojan Dapčević, univ. dipl. inž. grad.

Mentor v podjetju: Ladislav Selinšek, dipl. inž. grad.

Lektor: Maja Horvat, univ. dipl. slov.

Maribor, 2024

IZJAVA O AVTORSTVU DIPLOMSKEGA DELA

Podpisana Melani Predan sem avtorica diplomskega dela z naslovom Sistemi odvodnjavanja pločnika in ceste na praktičnem primeru, ki sem ga napisala pod mentorstvom Bojana Dapčeviča, univ. dipl. inž. grad.

S svojim podpisom zagotavljam, da:

- je predloženo delo izključno rezultat mojega dela,
- sem poskrbela, da so dela in mnenja drugih avtorjev, ki jih uporabljam v predloženi nalogi, navedena oz. citirana skladno s pravili Višje strokovne šole Academia Maribor,
- se zavedam, da je plagiatorstvo – predstavljanje tujih del oz. misli, kot moje lastne kaznivo po Zakonu o avtorski in sorodnih pravicah (Uradni list RS, št. 16/07 – uradno prečiščeno besedilo, 68/08, 110/13, 56/15 in 63/16 – ZKUASP); prekršek pa podleže tudi ukrepom Višje strokovne šole Academia Maribor skladno z njenimi pravili,
- skladno z 32.a členom ZASP dovoljujem Višji strokovni šoli Academia Maribor objavo diplomskega dela na spletnem portalu šole.

Rače, december 2024

Podpis študenta:

ZAHVALA

Zahvaljujem se mentorjema Bojanu Dapčeviću, univ. dipl. inž. grad. ter Ladislavu Selinšku, dipl. inž. grad. za pomoč in vse nasvete pri pisanju diplomskega dela.

Zahvaljujem se tudi podjetju PREDAN d. o. o. za dostop do potrebnega gradiva, direktorju in zaposlenim pa za praktične nasvete, ki so pripomogli k pripravi diplomskega dela.

Še posebej bi se rada zahvalila svoji družini in Jerneju za vso podporo, skrb in potrpežljivost pri ustvarjanju mojega diplomskega dela.

POVZETEK

Pri izgradnji vsake ceste in druge prometne infrastrukture moramo velik del pozornosti nameniti tudi odvodnjavanju. Odvodnjavanje je namreč ključen proces za obvladovanje vode na območjih, kjer želimo preprečiti zastajanje vode, poplave, erozijo in druge negativne učinke meteorne vode. V zadnjem času vse večji problem predstavljajo hudi in dolgotrajni nalivi, ki povzročajo zastajanje vode na cestišču, s čimer ogrožajo varnost cestnih udeležencev, negativne vplive na okolje in cestno infrastrukturo. Zato je pomembno, da se zavedamo vseh vzrokov in posledic neučinkovitega odvodnjavanja ter prednosti, ki jih ustrezno odvodnjavanje prinaša.

Če želimo urediti odvodnjavanje, moramo izbrati ustrezen sistem odvodnjavanja. Sistemi odvodnjavanja so različni; poznamo jih veliko. Vsak izmed njih ima svoje prednosti, ki omogočajo ustrezno odtekanje vode. Izvesti jih je treba ustrezno in kakovostno da bodo zadostovali potrebam iz okolja. Z izgradnjo kakovostnih sistemov odvodnjavanja bomo prihranili stroške, ki bi jih namenili čiščenju ali obnovi sistema. Vzdrževanje je ključnega pomena za zagotavljanje funkcionalnosti in dolgoročnega delovanja sistemov.

Na trgu dandanes zasledimo različne cevi iz različnih materialov. Vsak material prinaša drugačne lastnosti, ki niso primerne za vsa okolja in sisteme. Predstavljena je primerjava različnih vrst cevi, ki se uporabljajo v sistemih odvodnjavanja, s poudarkom na PVC ceveh in poliestrskih ceveh. Analizirane so prednosti in slabosti obeh vrst cevi glede na različne vidike. S pomočjo te primerjave je omogočen vpogled v to, katera vrsta cevi je najprimernejša za specifičen projekt in kako izbrati najboljše rešitve za trajnostne sisteme odvodnjavanja.

Vsak projekt je specifičen, zaradi česar ga težko primerjamo z drugim. Diplomsko delo je grajeno na izvedenem projektu prehoda za pešce in izgradnje pločnika z izvedbo sistema odvodnjavanja v Račah, pri izgradnji katerega sem tudi sodelovala. Ko izvajamo projekt, ki vključuje odvodnjavanje, ga moramo podrobno proučiti in na osnovi ugotovljenega izbrati sistem odvodnjavanja, ki je najprimernejši in bo zagotavljal odtekanje vode s cestišča. Tako bosta omogočeni varnost vseh udeležencev v prometu in daljša življenjska doba prometne infrastrukture.

Ključne besede: odvodnjavanje, meteorna voda, sistemi odvodnjavanja, cevi, vzdrževanje

ABSTRACT

DRAINAGE SYSTEMS FOR ROADS AND SIDEWALKS: A PRACTICAL EXAMPLE

When constructing roads and other transportation infrastructure, a significant amount of attention must be dedicated to drainage. Drainage is a crucial process for managing water in areas where we aim to prevent water stagnation, flooding, erosion, and other negative effects of stormwater. Recently, heavy and prolonged downpours have become an increasing problem, causing water to accumulate on road surfaces, which in turn endangers the safety of road users, negatively impacts the environment, and damages road infrastructure. Therefore, it is important to understand both the causes and consequences of ineffective drainage, as well as the benefits provided by proper drainage systems.

To manage drainage effectively, the appropriate drainage system must be selected. There are many types of drainage systems, each with its own advantages, which allow for proper water drainage. These systems must be implemented correctly and to a high standard to meet environmental needs. By constructing high-quality drainage systems, we can save costs that would otherwise be spent on cleaning or renovating the systems. Maintenance is crucial for ensuring the functionality and long-term operation of the systems.

Today, the market offers various pipes made from different materials, each with distinct properties. Not all materials are suitable for every environment or system. This paper presents a comparison of different types of pipes used in drainage systems, focusing on PVC and polyester pipes. The advantages and disadvantages of both types are analyzed from various perspectives. This comparison provides insight into which type of pipe is most suitable for a specific project and how to select the best solutions for sustainable drainage systems.

Each project is unique, making direct comparison difficult. This thesis is based on a project I was involved in: the construction of a pedestrian crossing and sidewalk with drainage in Rače. When implementing a drainage project, we must study it in detail and, based on our findings, choose the most suitable drainage system to ensure water runoff from the road surface. This will ensure the safety of all road users and extend the lifespan of the transportation infrastructure.

Keywords: drainage, stormwater, drainage systems, pipes, maintenance

KAZALO VSEBINE

1	UVOD	9
1.1	OPIS PODROČJA IN OPREDELITEV PROBLEMA	9
1.2	NAMEN, CILJI IN OSNOVNE TRDITVE	10
1.3	PREDPOSTAVKE IN OMEJITVE	11
1.4	UPORABLJENE RAZISKOVALNE METODE	11
2	DELO V PROJEKTNI SKUPINI	12
2.1	ZAKONODAJNA OSNOVA	14
3	POMEN ODVODNJAVANJA	15
3.1	VZROKI IN POSLEDICE NEUČINKOVITEGA ODVODNJAVANJA	16
3.2	PREDNOSTI USTREZNEGA ODVODNJAVANJA.....	19
4	PROJEKT ODVODNJAVANJA CESTE IN PLOČNIKA NA ODSEKU V RAČAH	
	21	
4.1	OBMOČJE PROJEKTA	21
4.2	IZVEDBA ODVODNJAVANJA NA PROJEKTU	22
4.2.1	<i>Izvedba del.....</i>	24
4.2.2	<i>Določitev mest vtokov.....</i>	29
4.3	EROZIJA TER POŠKODBE CESTNE POVRŠINE ZARADI NEUSTREZNEGA ODVODNJAVANJA.....	31
5	POMEN VZDRŽEVANJA CEST IN SISTEMOV ODVODNJAVANJA.....	33
5.1	H1: Z USTREZNIM ODVODNJAVANJEM ZMANJŠAMO EROZIJO IN POŠKODBE CESTNE POVRŠINE, KAR BO ZMANJŠALO POTREBO PO REDNEM VZDRŽEVANJU IN POPRAVILIH CEST TER S TEM TUDI PRIHRANILO STROŠKE VZDRŽEVANJA	35
6	SISTEMI ODVODNJAVANJA	41
6.1	TOČKOVNO ODVODNJAVANJE	42
6.2	LINIJSKI POŽIRALNIKI	43
6.3	ODVODNJAVANJE Z ASFALTNO MULDO ALI KORITNICO	44
6.4	ODVODNJAVANJE Z MODULNIMI BETONSKIMI ROBNIKI ZA LINIJSKO POŽIRANJE IN ODVAJANJE METEORNIH VODA ACO KERBDRAIN.....	44
6.5	H2: ODVODNJAVANJE Z VTOČNIMI ROBNIKI IN JAŠKI JE ZA 20 % BOLJ EKONOMSKO RACIONALNO V PRIMERJAVI Z DRUGIMI SISTEMI ODVODNJAVANJA	46
7	PRIMERJAVA KLASIČNIH PVC CEVI S POLIESTRSKIMI CEVMI.....	51
7.1	PVC CEVI.....	52
7.2	POLIESTRSKE CEVI (PI).....	54

7.3 H3: UPORABA POLIESTRSKIH CEVI NAMESTO KLASIČNIH PVC CEVI JE BOLJ TRAJNOSTNA REŠITEV; Z NJIHOVO UPORABO OBNOVO SISTEMA ODVODNJAVANJA PRESTAVIMO ZA 5 LET	56
8 USTREZNA IZVEDBA NAKLONOV CESTIŠČA ZA UČINKOVITO ODVODNJAVANJE	58
8.1 H4: UMETNA INTELIGENCA PRIPOMORE K DVAKRAT HITREJŠEMU IZRAČUNU POTREBNIH NAKLONOV IN DOLŽIN, KI JIH POTREBUJEMO ZA UČINKOVITO ODVODNJAVANJE	58
8.1.1 Ročni izračun.....	59
8.1.2 Izračun z umetno inteligenco.....	60
8.1.3 Izračun razlike v času.....	62
9 SKLEP	64
10 VIRI, LITERATURA.....	67
11 PRILOGE.....	69

KAZALO SLIK

SLIKA 1: PRIKAZ OBMOČJA PROJEKTA	22
SLIKA 2: NAČRT IZGRADNJE PROJEKTA	23
SLIKA 3: SHEMA IZVEDBE POLOŽITVE CEVI.....	24
SLIKA 4: IZKOP GRADBENEGA JARKA ZA POTREBE POLOŽITVE CEVI.....	25
SLIKA 5: POLOŽITEV CEVI TER POSTAVITEV JAŠKA	25
SLIKA 6: PRESTAVITEV ELEKTRO IN TK OMARE.....	26
SLIKA 7: KAMNITA ZLOŽBA OB IZTOKU V JAREK.....	27
SLIKA 8: POSTAVITEV CESTNIH ROBNIKOV.....	27
SLIKA 9: POŠKODBE ASFALTNE POVRŠINE PRED SANACIJO.....	28
SLIKA 10: PLOČNIK V NASTAJANJU	28
SLIKA 11: KONČAN PROJEKT.....	29
SLIKA 12: PRIKAZ IZMERJENIH VIŠINSKIH RAZLIK Z LASERSKIM NIVELIRJEM	30
SLIKA 13: PRIKAZ POŠKODB CESTIŠČA	32
SLIKA 14: IZVEDBA VTOKA POD ROBNIKOM V METEORNO KANALIZACIJO.....	43
SLIKA 15: LINIJSKI POŽIRALNIKI	44
SLIKA 16: ELEMENTI ACO KERBDRAIN ODVODNJAVANJA.....	45
SLIKA 17: ACO KERBDRAIN LINIJSKO ODVODNJAVANJE.....	45
SLIKA 18: PVC CEVI	53
SLIKA 19: POLIESTRSKE CEVI.....	54

SLIKA 21: SKICA IN IZRAČUN VIŠINSKE RAZLIKE NA PRIMERU PLOČNIKA – ROČNO.....	59
SLIKA 22: SKICA IN IZRAČUN NAKLONA NA PRIMERU CESTE – ROČNO	60
SLIKA 23: PRIKAZ IZRAČUNA VIŠINSKE RAZLIKE S POMOČJO UMETNE INTELIGENCE.....	61
SLIKA 24: PRIKAZ IZRAČUNA NAKLONA S POMOČJO UMETNE INTELIGENCE	62

KAZALO TABEL

TABELA 1: PRIMERJAVA LASTNOSTI PVC IN POLIESTRSKIH CEVI.....	13
TABELA 2: IZRAČUN STROŠKOV IZVEDBE ODVODNJAVANJA NA PROJEKTU PREHODA ZA PEŠČE PO OBRAČUNU DEL	36
TABELA 3: IZRAČUN STROŠKOV SANACIJE CESTNE POVRŠINE NA PROJEKTU PREHODA ZA PEŠČE PO OBRAČUNU DEL	38
TABELA 4: PREDVIDEN IZRAČUN IZVEDBE ODVODNJAVANJA Z MODULNIMI BETONSKIMI ROBNIKI ZA LINIJSKO POŽIRANJE IN ODVAJANJE METEORNIH VODA ACO KERBDRAIN	47
TABELA 5: PRIKAZ RAZLIKE V STROŠKIH IZVEDBE RAZLIČNIH SISTEMOV ODVODNJAVANJA	50
TABELA 6: PRIKAZ RAZLIKE V ŽIVLJENJSKI DOBI MED PVC CEVMI IN POLIESTRSKIMI CEVMI	57
TABELA 7: PRIKAZ ČASOV, POTREBNIH ZA IZRAČUN IN RAZMERJA MED NJIMI	62

1 UVOD

1.1 Opis področja in opredelitev problema

Pravilno in učinkovito odvodnjavanje v gradbeništvu predstavlja velik izziv. V gradbeništvu namreč želimo z izvedbo odvodnjavanja predvsem odvajati vodo s površine, navadno s cestišča, strehe, točke A na točko B ali iz globine, torej iz mesta, kjer vode ne potrebujemo, jo želimo od tam odstraniti ali preusmeriti. To želimo doseči predvsem zaradi negativnih učinkov, ki jih voda na nezaželenem mestu povzroča.

Meteorne vode v zadnjih nekaj letih predstavljajo velik okoljski problem, s katerim se sooča celotno gospodarstvo, predvsem gradbeništvu. Zaradi okoljskih problematik so pod vprašaj postavljene številne konstrukcije in tudi načini izgradnje objektov. Hiter porast voda na posameznem območju lahko hitro ogrozi še tako trdno konstrukcijo. Učinkovito odvodnjavanje meteornih voda je zato velik problem. V zelo kratkem času se na določenem mestu pojavi velika količina vode, ki jo sistemi za odvodnjavanje težko oziroma zelo počasi odvajajo. Zato je pri izgradnji novih objektov ali rekonstrukciji starih še posebej pomembno, da poskrbimo za ustrezno odvodnjavanje, saj s tem preprečimo ali vsaj omilimo posledice velike količine zapadlih voda.

Odvodnjavanje je izjemno pomembno, še posebej na vozni in pohodnih površinah ter tam, kjer imamo vključene udeležence v prometu. V primeru neustreznega odvodnjavanja lahko pride do zadrževanja vode na cestišču. V prometu to povzroči pojav akvaplaninga, kjer lahko voznik ob neprimerni hitrosti ogrozi svoje življenje ter povzroči materialno škodo. Pozimi lahko pride do zmrzovanja vode, kar lahko povzroči zdrs vozila ali pešca. Posledice neustreznega ali neučinkovitega odvodnjavanja so tako lahko zelo velike in dosti večje od zgolj pojava luže na cestišču.

Z ustreznim odvodnjavanjem se želimo izogniti posledicam zadrževanja vode na cestišču ter prihraniti stroške vzdrževanja cestišča.

Odvodnjavanje lahko izvedemo z različnimi sistemi odvodnjavanja. Veliko je poznanih in zelo razširjenih, vendar vsakega sistema ne moremo uporabiti na vsaki lokaciji ali vsakem projektu. Pomembno je proučiti okoliščine, lokacijo, namen izgradnje ceste, aktualne probleme in izbrati tak sistem, ki vsem kriterijem najbolj ustreza.

1.2 Namen, cilji in osnovne trditve

Nameni diplomskega dela so naslednji:

- Raziskati pomen odvodnjavanja in vzroke neustreznega odvodnjavanja vode s cestišča;
- V povezavi z izbranim praktičnim primerom predstaviti sisteme odvodnjavanja ceste in pločnika;
- Raziskati posamezne sisteme odvodnjavanja ter proučiti njihovo izvedbo;
- Primerjati sisteme odvodnjavanja ter predstaviti njihove prednosti in pomanjkljivosti;
- Proučiti pozitivne učinke ustreznega odvodnjavanja na trajnost objekta;
- Predstaviti potrebo po vzdrževanju sistemov odvodnjavanja;
- Primerjati različne vrste cevi, s poudarkom na PVC in poliestrskih ceveh.

Cilji diplomskega dela so predvsem boljše spoznati pomen procesa izgradnje projekta ter razumeti načine in sisteme reševanja problemov odvodnjavanja, spoznati sisteme odvodnjavanja, tudi tiste, ki še niso tako poznani, aktivno sodelovati na projektu ter pridobiti nova znanja v gradbeništvu. Znanje, pridobljeno v procesu izobraževanja, želim vključiti v praktične primere in na osnovi tega poiskati ustrezne rešitve.

V diplomskem delu želim potrditi ali ovreči naslednje hipoteze:

H1: Z ustreznim odvodnjavanjem zmanjšamo erozijo in poškodbe cestne površine, kar bo zmanjšalo potrebo po rednem vzdrževanju in popravilih cest ter s tem tudi prihranilo stroške vzdrževanja.

H2: Odvodnjavanje z vtočnimi robniki in jaški je za 20 % bolj ekonomsko racionalno v primerjavi z drugimi sistemi odvodnjavanja.

H3: Uporaba poliestrskih cevi namesto klasičnih PVC cevi je bolj trajnostna rešitev; z njihovo uporabo obnovo sistema odvodnjavanja prestavimo za 5 let.

H4: Umetna inteligenca pripomore k dvakrat hitrejšemu izračunu potrebnih naklonov in dolžin, ki jih potrebujemo za učinkovito odvodnjavanje (dodatna hipoteza – krovna tema: Umetna inteligenca in nove tehnologije).

1.3 Predpostavke in omejitve

Predvidevam, da večjih omejitev pri pisanju diplomskega dela ne bi smela imeti. Podatke, ki se nanašajo na projekt, predstavljen v diplomskem delu, bom pridobila pri podjetju, kjer sem zaposlena in imam za to tudi dovoljenje. Pridobila sem tudi dovoljenje, da se projekt lahko uporabi v diplomskem delu. Literatura je sicer omejena, nekaj manj literature je v fizični in knjižni obliki, več se je najde na spletu.

1.4 Uporabljene raziskovalne metode

Za pridobitev podatkov, predstavljenih v diplomskem delu, bom uporabila kvantitativen pristop. Na osnovi predhodnega znanja in predvidevanj sem si vnaprej postavila hipoteze, ki jih bom med diplomskim delom in na osnovi pridobljenih podatkov, virov, ki so resnični in preverljivi, potrdila ali ovrgla ter dokazala, zakaj je tako. Uporabila bom opisni pristop, saj bom opisala situacijo in hkrati z raziskovalno metodo na osnovi virov prikazala podatke v zvezi z izbrano temo.

2 DELO V PROJEKTNI SKUPINI

Vsak uspešen projekt vodi uspešna projektna skupina. Projektno delo prinese pozitivne rezultate, ki so rezultat dela članov skupine. Tudi gradbeništvo je panoga, kjer sta pomembna sodelovanje ter projektno delo. Projektno skupino v gradbeništvo sestavljajo različni strokovnjaki, vsak na svojem področju. Ti strokovnjaki nato tvorijo ekipo, ki ne temelji na tem, kako se posamezniki med seboj razumejo, temveč na tem, kakšna znanja in sposobnosti imajo in z njimi prispevajo k uspehu skupine. Vsi člani skupine se morajo zavedati prednosti skupinskega dela in tega, kaj lahko s takšnim delom dosežejo. Vsak posameznik prispeva del svojega znanja skupini in ima tudi sam od tega korist. Rezultat skupinskega dela je uspešen in dobro izveden projekt.

Ker se tudi bodoči diplomanti višje strokovne šole Academia zavedamo prednosti skupinskega dela, smo se študenti srečali na sedežu Academie in z navodili ter pomočjo vodstva šole rešili dva testa osebnosti: Belbinov test (vlog v timu) in Myers-Briggsov test osebnosti. Na osnovi rezultatov obeh testov smo se razdelili v projektne skupine in izvedli skupinska srečanja, kjer smo nato analizirali, diskutirali in predelali teme diplomskih del.

Delovne naloge smo si razdelili na osnovi naših lastnosti, znanj in izkušenj. Te so se ujemale z rezultati testov osebnosti. Rezultati testa so me postavili v vlogo izvajalca in logika. Za izvajalca so značilni dobra organiziranost, samodisciplina, praktičnost in delo v nekem ritmu/rutini. So vestni in predani svojemu delu, organizirani, učinkoviti, probleme radi rešujejo na preverjen in sistematičen način. Naredijo vse, kar je potrebno, tudi če jim delo ne ustreza preveč. Prednost dajejo delu skupine in ne toliko lastnim potrebam in željam. Njihove slabosti so predvsem pomanjkanje prožnosti in odpor do idej, ki še niso preverjene.

V skupini sem bila na osnovi lastnosti in poznavanja projekta postavljena v vlogo vodje projekta, drugi člani skupine pa v vloge projektanta, komercialista, kalkulanta, varnostnega koordinatorja in osebe za pripravo dela. Vsi člani skupine smo aktivno sodelovali pri vseh nalogah projekta, projekt proučili ter si izmenjali ideje in zamisli ter prišli do skupnih rešitev, najprimernejših za projekt.

Prvo srečanje je temeljilo na seznanitvi s projektom – temo diplomskega dela. Članom skupine sem kot vodja predstavila projekt izgradnje prehoda za pešce, ki vključuje odvodnjavanje ceste in pločnika, ter probleme, povezane z odvodnjavanjem na tem področju pred izgradnjo, sistem izvedenega odvodnjavanja ter lastne ideje in rešitve za izveden projekt. Povedala sem, kaj so

moji osnovni cilji in da želim v diplomskem delu raziskati, v kolikšni meri ustrezno in redno vzdrževanje sistemov odvodnjavanja ter cestnih površin (v povezavi s sistemi odvodnjavanja) pripomore k trajnosti projekta in koliko lahko prihranimo, če sta odvodnjavanje in vzdrževanje urejena. V skupini smo raziskali vrste sistemov odvodnjavanja, njihove prednosti in slabosti ter sisteme, ki bi jih bilo najprimerneje izbrati za posamezne vrste in potrebe odvodnjavanja padavinske vode s cestišča, da bodo ustrezni in racionalni.

Na drugem srečanju smo naredili primerjavo klasičnih PVC cevi s poliestrskimi in ugotovili, kako lahko cevi iz poliestrskih vlaken pripomorejo k daljši življenjski dobi projekta. Pripravili smo tabelo primerjave lastnosti in tehničnih podatkov enih in drugih cevi. Rezultati so prikazani v tabeli.

Tabela 1: Primerjava lastnosti PVC in poliestrskih cevi

	PVC cevi	POLIESTRSKE CEVI
Osnovni material	Polivinilklorid	Poliestrška smola (velikokrat ojačana z vlakni)
Standardna dolžina	0,5–6 m	6 in 12 m
Premer cevi	50–8000 mm	80–2400 mm
Temperaturna odpornost	0–70 °C	–60–120 °C
Korozijska zaščita	Ni potrebna	Ni potrebna
Kemijska odpornost	Dobra proti kislinam, alkalijam in soli, slabša proti nekaterim organskim topilom	Odlična proti kemikalijam, oljem, gorivom in različnim agresivnim substancam
Teža	Za DN 200 mm: 9,5 kg/m	Za DN 200 mm: 12–15 kg/m
Trajnost/življenjska doba	50 let	70 let
Območje uporabe	Vodovodi, kanalizacija, prezračevanje	Vodovodi, kanalizacija, industrijski sistemi

Vir: (Lastni vir)

S pomočjo skupinskega dela smo naloge in izzive reševali lažje in hitreje, naloge smo se lotili bolj sistematično. Pri delu smo bili bolj učinkoviti in kreativni. Ker je bilo delo ekipno, smo

bili tudi bolj motivirani. S skupnimi močmi smo postavili dobre temelje za pisanje diplomskega dela.

2.1 Zakonodajna osnova

Gradbeni inženir je v sodelovanju z drugimi strokovnjaki na njihovem področju (arhitekti, projektanti, izvajalci, odgovornimi vodji del, izvajalci idr.) odgovoren za učinkovito odtekanje vode ter delovanje sistemov odvodnjavanja v gradbenih projektih. Pri izvedbi katerega koli projekta mora njihovo delo temeljiti na določeni zakonodaji, ki velja v posamezni državi in na posameznem področju. Kot ekipa smo naredili seznam zakonodaje s področja odvodnjavanja, ki velja v gradbeni panogi in na katero je treba biti pozoren pri izgradnji sistemov za odtekanje vode:

- Pravilnik o projektiranju cest (Ur. l. RS, št. 91/05, 26/06, 109/10 – ZCes-1, 36/18 in 132/22 – ZCes-2). Pridobljeno s <https://pisrs.si/pregledPredpisa?id=PRAV5811>.
- Zakon o cestah (Ur. l. RS, št. 132/22, 140/22 – ZSDH-1A, 29/23 in 78/23 – ZUNPEOVE). Pridobljeno s <https://pisrs.si/pregledPredpisa?id=ZAKO8298>.
- Pravilnik za izvedbo investicijsko vzdrževalnih del in vzdrževalnih del v javno korist na javnih cestah (Ur. l. RS, št. 7/12 in 132/22-ZCes-2). Pridobljeno s <https://pisrs.si/pregledPredpisa?id=PRAV10314>.
- Pravilnik o rednem vzdrževanju javnih cest (Ur. l. RS, št. 38/16 in 132/22 – ZCes-2). Pridobljeno s <https://pisrs.si/pregledPredpisa?id=PRAV12581>.

Upoštevanje zakonodaje je ključno pri izgradnji projekta. Z zakonodajnimi smernicami se je treba seznaniti že pri pripravah na projekt, jih natanko proučiti in projekt načrtovati v skladu s smernicami in zakonodajnimi osnovami. Prav tako morata nadaljnja izvedba ter kasnejše vzdrževanje projekta potekati v skladu s predpisanimi zakoni.

3 POMEN ODVODNJAVANJA

V zadnjem obdobju prihaja do vse večjih težav z odvodnjavanjem meteornih voda. Napovedi za prihodnost ne kažejo nič dobrega v smislu padavin in napovedujejo vedno večje in pogostejše količine zapadlih voda. Že danes nam učinkovito odvodnjavanje predstavlja velik izziv. V času neviht in neurij, ko je zapadla količina dežja res velika, obstoječi odvodni sistemi začnejo odpovedovati, saj so v tistem trenutku preobremenjeni in pride do nezaželenih posledic, s katerimi se vedno večkrat soočamo. Velik problem, kot že omenjeno, predstavljajo predvsem nalivi in nevihte, kjer se v trenutku pojavi ogromna količina vode in obstoječi sistemi ne zadostijo potrebam odvodnjavanja meteornih voda.

Vzroki tega se poleg naravnih in podnebnih okoliščin najdejo tudi v vse večji urbanizaciji in poseljenosti okolja. Z grajenjem novih objektov (stanovanjskih, industrijskih, trgovskih, nestanovanjskih in drugih) zavzemamo prostor, spreminjamo struge vodotokov in hkrati krčimo zemljišča, kamor bi se lahko stekala voda ob dežju in nalivih. Hkrati zaradi istih razlogov voda počasneje odteka in raven vode v vodotokih dalj časa ostaja visoka.

Nadzorovano odtekanje vode dosežemo z odvodnjavanjem. To je potrebno na cestnih in drugih prometnih ter infrastrukturnih površinah, kjer v času padavin pride do visoke koncentracije vode na določenem mestu. Večina materialov, ki se dandanes uporabljajo v infrastrukturi, je izdelana iz neprepustnih materialov, ki vode ne prepuščajo (npr. asfaltne in tlakovane površine). Zaradi tega meteorna voda ne more pronicati skozi in se posledično zadrži na materialu, če ne more odteči. Ko meteorna voda zapade na neprepustno površino, ne more ponikniti, količina je posledično velika, poveča se ji tudi hitrost, ko odteka po površini, kanalizacijski sistemi za odvodnjavanje teh vod pa v takem primeru hitro postanejo preobremenjeni. V primeru, da voda iz določenega mesta ne more odteči, namreč ponikne šele tam, kjer lahko, se tam zadrži in ob večjih količinah nastane poplava.

Težava je, ko poleg viška vode iz okolja pride do iztoka meteornih voda iz kanalizacijskega sistema (ravno zaradi preobremenjenosti) ponovno na površje. Zaradi tega moramo površine, ki ne prepuščajo vode, izvesti tako, da voda lahko odteče v odtoke, kanalizacijske sisteme, vodno telo ali ponikne v tla. Poskrbeti je treba tudi, da bodo glavni vodotoki ali zbiralni sistemi, kamor je speljan sistem odvodnjavanja, ves čas dovolj pretočni, očiščeni ali izpraznjeni, da lahko voda normalno odteka (Kranjc, 2018).

Pomen odvodnjavanja je torej izjemno velik. Pomembno je tudi, da se tega zavedamo in delamo v smeri, da je za odvodnjavanje poskrbljeno. Ali je za odvodnjavanje ustrezno poskrbljeno, se pokaže predvsem v času večjih padavin. Če meteorna voda ne povzroča hujših nevšečnosti in kar se da hitro odteče, je odvodnjavanje ustrezno. V primeru, da pride do 'zalivanja' cestnih in prometnih površin, dvorišč, stanovanjskih in drugih objektov, podzemnih prostorov, je odvodnjavanje neustrezno in neučinkovito.

3.1 Vzroki in posledice neučinkovitega odvodnjavanja

Odvodnjavanje je neučinkovito in neustrezno, ko odtekanje voda ne poteka tako, kot bi moralo zaradi različnih razlogov. Posledično se voda zadržuje na mestih, kjer se ne bi smela. Velik problem to predstavlja predvsem na cestno-prometnih površinah, kjer v stik z vodo prihajajo predvsem vozila ter drugi udeleženci v prometu in so posledično postavljeni v nevarnost. V primeru hujših padavin lahko to privede do velike ogroženosti prometne infrastrukture in celo človeških življenj.

Če želimo omiliti posledice, moramo najprej raziskati vzroke, zakaj in na kakšen način pride do težave. Vzroki za neučinkovito odvodnjavanje se največkrat kažejo v:

- slabi izvedbi sistema za odvodnjavanje,
- neučinkoviti ali pomanjkljivi izvedbi naklonov za odtekanje vode iz površine,
- neustrezni izbiri posameznega sistema za odvodnjavanje,
- pomanjkanju vzdrževanja kanalizacijskih sistemov, ponikalnih mest, čistilnih naprav in vodnih teles, kamor se voda izteka.

Kljub velikemu vplivu naravnih razmer (padavin, podnebnih sprememb, dolgotrajnega deževja, hudih nalivov ...) na odvodnjavanje ima ravno tolikšno vlogo pri tem tudi človek. Izvajalci del izvedejo projekt po načrtu, ki ga sestavi projektant s proučevanjem okolja in okoliških razmer za posamezen projekt. Na osnovi ustreznih podatkov se nato izbere najustreznejši model odvodnjavanja, pri čemer je naloga izvajalca, da ga kakovostno izvede. To vključuje proučitev terena s strani pristojnih služb, uporabo kakovostnih in ustreznih materialov, strokovno izvedbo ter preizkus sistemov odvodnjavanja med in po končanju del. Pri izgradnji infrastrukturnih projektov je treba izmeriti tudi naklone cest in cestnih površin in na določenih točkah izvesti vtoke ter požiralnike, kamor bomo vodo speljali z ustreznimi in predpisanimi nakloni.

Ključna je izbira ustreznega sistema, saj vsak sistem ni primeren za vsako področje ali posamezne projekte. Tukaj je pomembna količina vode, ki se bo v sistem iztekala. V veliki večini primerov se posamezne sisteme ravno zaradi težke napovedi količine odpadne vode tudi predimenzionira, vendar v takšni meri, kot dopušča predviden finančni vložek v projekt. V zadnjem času opažamo, da kljub temu obstoječi sistemi odvodnjavanja glede na trenutne razmere ne zadoščajo in so velikokrat preobremenjeni. Tukaj lahko vzrok najdemo tudi v slabo vzdrževanih odvodnih sistemih, neočiščenih jaških in posledično zamašenih ceveh, zaraslih iztokih ali čezmerno zaraščenih vodotokih, kar posledično zmanjšuje pretok vode. Tudi čistilne naprave je treba vzdrževati, če se odpadna voda izteka v komunalno vodo, da ne bi prišlo do udara kanalizacijskega sistema nazaj na površje.

V primeru neučinkovitega odvodnjavanja se lahko pojavijo posledice, ki so velike in drage, povzročijo številno škodo, ogrozijo pa lahko tudi ljudi.

Neučinkovito odvodnjavanje povzroča negativne posledice, kot so:

- zastajanje vode na prometnih površinah,
- poplavljen cestišča,
- poškodbe cestnih površin,
- erozija cestišča,
- razliv tekočih voda,
- onesnaževanje okolja,
- velika materialna škoda.

V času velikih padavin pride do zastajanja vode na površinah, predvsem tistih, ki vode ne prepuščajo in posledično povzročajo, da vsa voda ostaja na površini, če že ne more odteči. V prometu je to resen problem. Obilno deževje privede do nastanka luže ali zadrževanja večje količine vode na cestišču, kamor zapelje vozilo ali nanjo naletijo drugi udeleženci v prometu. Posledica je lahko zmanjšana varnost v prometu, saj povzroči slabši nadzor nad vozilom, zdrs vozila zaradi slabšega oprijema pnevmatik na cestno površino ali zdrs/padec pešca ter lažje ali hujše poškodbe ter materialno škodo. V zimskih razmerah ta voda zamrzne in nevarnost za zdrs se še poveča.

V primeru, da je količina vode na cestišču velika, pride do nastanka poplav, saj se velika količina vode zadržuje na nekem območju dalj časa. Poleg tega, da odvodni sistemi ne morejo sprejeti toliko vode, začnejo bregove prestopati tudi vodna telesa (potoki, reke ...). Tako je lahko delno ali v celoti oviran promet, kar vpliva na celotno situacijo v prometu (povzroča zastoje ter omejuje transport ljudi in blaga), odnaša lahko teren, vozila ali ljudi, škoda je zelo velika. Poplave navadno povzročijo tudi veliko onesnaženje, saj voda s seboj nosi umazanijo, vejevje, praktično vse, kar se je nabralo v jaških, peskolovih in ceveh, naplavi na površje; vodotoki prinesejo s seboj tudi mulj in zemljo. Onesnaženje posledično vpliva na kakovost vode v okolici, kar lahko povzroči okoljsko katastrofo in dolgotrajno okrevanje.

Poškodbe cestnih površin lahko nastanejo ravno zaradi dolgotrajnega zadrževanja vode na cestišču, ki ne more odteči, vendar negativno vpliva na material, iz katerega so cesta in druge cestne površine sestavljene. Poleg drugih dejavnikov se površina zaradi zadrževanja vode poškoduje, počni, posede, pojavijo se razpoke ... To lahko privede do erozije cestišča – premikanja, odnašanja in spiranja površinskih slojev oziroma posameznih materialov (asfalta, betona); najpogosteje se to opazi pri bankinah. Erozija je lahko neopazen in počasen pojav, ki ga opazimo šele, ko posledice erozije že težko omilimo. S tem, ko voda dalj časa stagnira na določenem delu cestišča, lahko akumulacija vode poveča erozijo, saj voda prodira v razpoke in povzroča njihovo širitev. Še posebej je to velik problem v zimskem času, ko voda v razpokah zamrzne – s tem se širi in širi tudi razpoke. Čez čas so razpoke tako velike, da je treba sanirati cestno površino ali pa se stanje iz dneva v dan poslabšuje, asfalt se začne lomiti in krušiti, voda pa spira materiale in zamaje celotno situacijo. Vse to skrajša življenjsko dobo cestišča in predstavlja nevarnost za vse udeležence v prometu (Project Infrastructure, 2024).

V primeru, ko imamo kanalizacijske sisteme padavinskih voda speljane v bližnje vodotoke in niso dovolj pretočni, lahko pride do poplavljanja in razlivanja tekočih voda, saj vanje speljemo dodatno količino vode, ki je tam sicer ne bi bilo. Težava se lahko pojavi predvsem ob hudih nalivih. Do razlitja pride tudi zaradi zamašenih ali slabo zasnovanih odvodnih sistemov ali nepravilnega vzdrževanja. To ima velik vpliv na okolje, saj lahko poplavi bližnje površine (njive, dvorišča, stanovanjske objekte). Kadar se odločimo za to obliko odvodnjavanja, je treba proučiti izbrane vodotoke in bližino okoliških objektov, izpust v vodotok pa izvesti strokovno pravilno.

Z neustrezno izvedbo odvodnjavanja lahko povzročimo tudi velik vpliv na okolje. Vse, kar se čez čas nabere na cestni površini, se kasneje izteka v odvodne sisteme in posledično po ceveh v čistilne naprave ali neposredno v tla in vodotoke. Privede lahko do onesnaženja podtalnice in

površinskih voda. V primeru, da se na cesti razlije olje ali nafta, lahko ta zaide v okolje in podtalnico, s čimer negativno vplivamo na okolje in ga onesnažimo.

Dolgoročno lahko zastajanje vode ter nepravilno odvodnjavanje povzročita drage in kompleksne sanacije ter vzdrževalna dela ali celotno rekonstrukcijo sistema.

Kadar koli pride do negativnih posledic neučinkovitega odvodnjavanja, govorimo tudi o škodi, ki je lahko materialna, finančna ali okoljska. Cilj je, da se negativnim posledicam v čim večji meri izognemo in se posvetimo učinkovitim sistemom odvodnjavanja, ki bodo imeli čim manjši vpliv na okolje in bodo primerni, učinkoviti ter finančno izvedljivi.

Učinkoviti ukrepi za preprečevanje negativnih posledic neustreznega odvodnjavanja so vzdrževanje in obnavljanje obstoječih vozniških in pohodnih površin, izgradnja skrbno načrtovanih novih sistemov odvodnjavanja, ponikanje ali zadrževanje padavinske vode na lokaciji posameznih objektov, odvodnjavanje vode v ponikovalnico ali velike zbiralnike vode, kjer se bo lahko ponovno uporabila, npr. za zalivanje zelenih površin v času suše, uporaba filtracijskih sistemov (izvedba peskolovov ali bioloških filtrov), izvedba ustreznih naklonov cestišča, redno spremljanje delovanja odvodnih sistemov z monitoringom ... (Oberžan, 2024)

3.2 Prednosti ustreznega odvodnjavanja

Z učinkovitim odvodnjavanjem bomo zmanjšali obremenjevanje okolja, preprečili možne posledice neučinkovitega odvodnjavanja in povečali varnost površin ter življenjsko dobo infrastrukture ter se izognili težavam in nevšečnostim, ki bi jih posledice neustreznega odvodnjavanja prinesle. Z ustreznim odvodnjavanjem želimo namreč omejiti negativne posledice, če jih že ne moremo preprečiti v celoti.

Obstoječi kanalizacijski sistemi odpadnih padavinskih voda temeljijo predvsem na raziskavah in potrebah razmer in okoliščin prejšnjega časa. Dandanes, ob vedno večji urbanizaciji ter podnebnih spremembah, taki sistemi ne zadostujejo več ali pa ne zadostujejo v celoti. Zato je treba pri izgradnji novih ali rekonstrukciji starih sistemov odvodnjavanja proučiti obstoječe kanalizacijske sisteme, jih analizirati, se vanje poglobiti in na osnovi pridobljenih rezultatov poiskati primerne rešitve ter določiti ustrezne modele odvodnjavanja, ki so najustreznejši in najučinkovitejši. Slediti je treba cilju za trajnostno izgradnjo sistemov za odvajanje padavinskih voda. Pri tem nam danes pomagajo napredna programska oprema in tehnologija ter vključevanje sodobnih rešitev v sisteme ravnanja z meteorno vodo. Pomembna sta tudi optimizacija in posodabljanje zasnov kanalizacijskih sistemov na določeno časovno obdobje.

Veliko prednost pri odvodnjavanju danes predstavlja tudi monitoring odvodnih sistemov, ki vključuje redno spremljanje delovanja in učinkovitosti odvodnega sistema ter hkrati meri kakovost odpadnih voda. Omogoča vizualne preglede stanja kanalov, cevi in drugih sestavnih delov odvodnega sistema, meritve pretoka vode skozi odvodni sistem. Vsi podatki se zberejo in analizirajo. Na osnovi tega pristojni organi ukrepajo, če je potrebno.

Z izgradnjo sodobnejših čistilnih naprav, novih in naprednejših kanalizacijskih sistemov (večjih dimenzij, izbranih glede na posamezen projekt in območje izgradnje), rednim čiščenjem, vzdrževanjem ter nadzorovanjem delovanja teh ali izvedbo dodatnih sistemov tam, kjer je to potrebno, bomo učinkovito zmanjšali možnosti nastanka poplav, posledično pa ogroženosti udeležencev v prometu in podaljšali življenjsko dobo posamezne infrastrukture ter tako dosegli ustrezno odvodnjavanje infrastrukturnih in ostalih površin (Oberžan, 2024).

4 PROJEKT ODVODNJAVANJA CESTE IN PLOČNIKA NA ODSEKU V RAČAH

V diplomskem delu se želim osredotočiti na odvodnjavanje meteornih voda s cestišča (ceste in pločnika) ter prikazati sisteme, ki jih za takšno obliko voda lahko uporabimo. Na projektu z imenom Prehod za pešce na R3 711 odsek 9013 Rače–Kungota–Kidričevo v km 1 + 214,00, ki se je zaključil avgusta 2024, želim prikazati način odvodnjavanja ceste in pločnika, kar je bil tudi sestavni del projekta. Pri projektu gre za rekonstrukcijo cestne infrastrukture. Ta do zdaj ni zadostovala svojemu namenu oziroma je imela pomanjkljivosti.

Na tem predelu se želi urediti ustrezen prehod za pešce, saj do zdaj varen prehod cestišča ni bil mogoč. Projekt obsega ureditev prehoda za pešce v širini 4,00 m, ki se enostransko navezuje na obstoječi hodnik za pešce, katerega se je v širini prehoda za pešce tudi razširilo, izvedla se je klančina s spuščnim robnikom ter opremilo s taktilno označbo. Na nasprotni strani se je izvedel nov hodnik za pešce v širini 1,50 m (v območju čakališča širine 2,00 m). Uredilo se je tudi odvodnjavanje terena, razširila se je voziščna konstrukcija, izvedla se je tudi dodatna javna razsvetljava. V tem sklopu se je izvedel tudi pločnik v skupni dolžini 83 m ter odvodnjavanje ceste in pločnika (TIURB d. o. o., 2024).

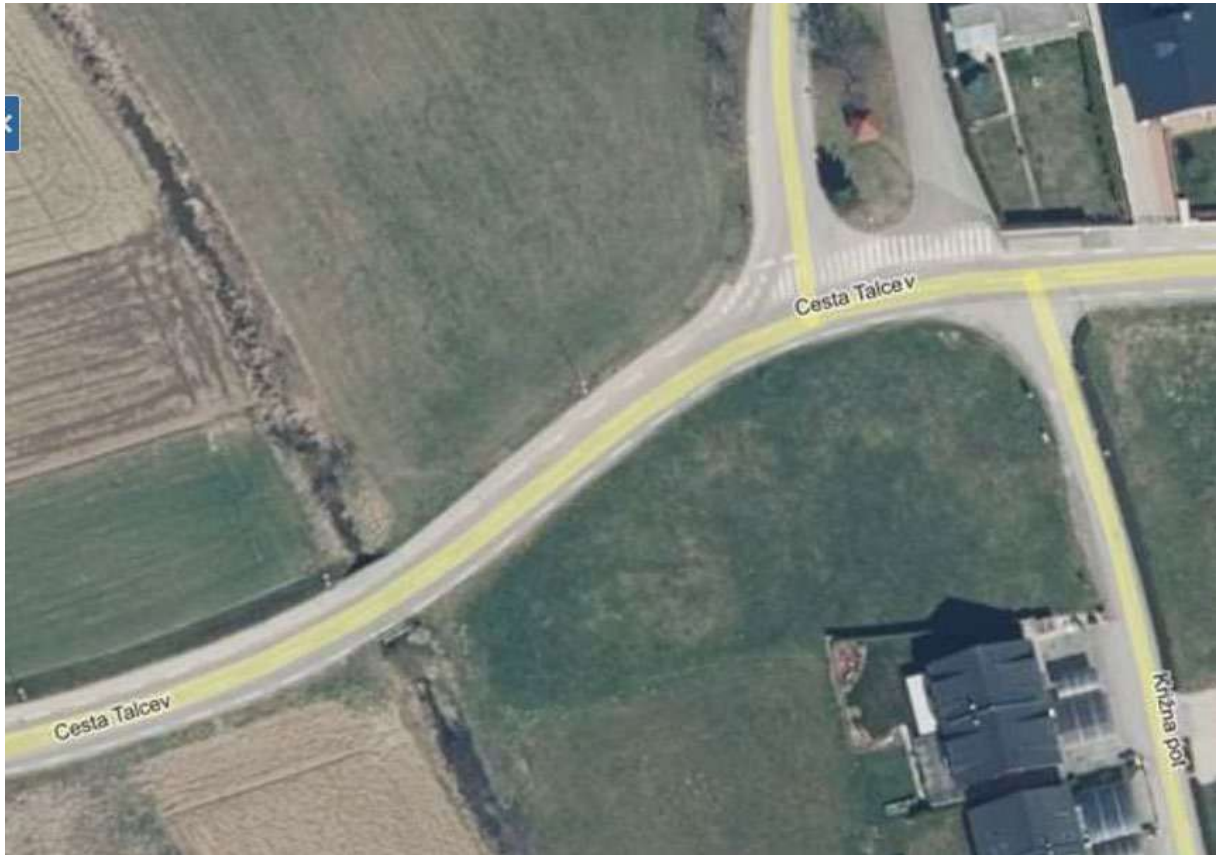
Odvodnjavanje je bilo treba izvesti zaradi predhodno neustreznega odvodnjavanja oziroma urejenega odvodnjavanja ceste ni bilo, saj se je na tem predelu vsa voda stekala na travnik. Na tem območju je prihajalo tudi do problema zadrževanja vode na cestišču zaradi najnižje točke v okolici, kamor se je posledično tudi stekla vsa voda in se v času večjih nalivov ter še po dežju tudi zadrževala. Posledice zadrževanja vode so bile obraba in poškodba cestne površine ter erozija cestišča. V projektu se je tako izvedlo točkovno odvodnjavanje z vtočnimi robniki, jaški, PVC cevmi in iztokom vode v bližnji potok.

Za projekt sem se odločila, ker je eden izmed projektov, ki smo se ga lotili v podjetju, kjer sem zaposlena. Projekt me je pritegnil, saj me takšni projekti zanimajo in tukaj imam tudi največ izkušenj. Svoje znanje želim skozi pisanje diplomskega dela še poglobiti in razširiti.

4.1 Območje projekta

Projekt je izveden na Cesti talcev (R3 711 odsek 9013), v občini Rače - Fram. Zraven predvidenega območja projekta teče potok, v katerega se predvidi izpust sistema odvodnjavanja. Uredi se odvodnjavanje dela javne prometne površine na Cesti talcev in dela

regionalne cestne površine na Križni poti, ki do zdaj nista imela urejenega odvodnjavanja. Prikaz umestitve projekta v območje je razviden v prilogi 1: Pregledna situacija – umestitev projekta v območje.



Slika 1: Prikaz območja projekta

Vir: (PISO, 2024)

4.2 Izvedba odvodnjavanja na projektu

Odvodnjavanje je urejeno s točkovnim odvodnjavanjem preko cestnih požiralnikov s stranskim vtokom pod robnikom z izpustom preko PVC cevi v obstoječi zemeljski jarek v neposredni bližini.

4.2.1 Izvedba del

Dela so se začela izvajati konec junija, se nadaljevala v juliju in končala v avgustu 2024. Ves potek del je bil voden in razviden v gradbenem dnevniku. Po pridobitvi in prevzemu vse potrebne dokumentacije ter uvedbi izvajalca v delo smo lahko začeli z deli. Gradbišče smo najprej opremili z opozorilnimi tablamami, pristojne službe pa so postavile delno zaporo ceste, za katero je naročnik (občina) predhodno pridobil dovoljenje. Geodeti so zakoličili osi kanalizacije ter os pločnika in prehoda za pešce. Označili so tudi vse obstoječe inštalacije na območju izgradnje meteorne kanalizacije in pločnika.

Po končanih pripravljalnih delih smo začeli z zemeljskimi deli. Izkop se je začel na globini 1,50 m. Širina izkopa gradbenega jarka je bila 0,80 m. Izkopni material se je odlagal na rob izkopa in se uporabil za kasnejši zasip. Tam, kjer je bil izkop večji od 1,0 m, sta bila potrebna uporaba opaža in razpiranje gradbene jame. Globina se je zaradi spuščanja terena kmalu znižala pod 1,0 m in razpiranje z opažem ni bilo več potrebno. V izkop so se na posteljico iz peska, granulacije 0–4, polagale PVC cevi in PE revizijski jaški krožnega premera Ø 80 cm. Cevi so bile položene v skupni dolžini 108,50 m.



Slika 3: Shema izvedbe položitve cevi

Vir: (Lastni vir)



Slika 4: Izkop gradbenega jarka za potrebe položitve cevi

Vir: (Lastni vir)



Slika 5: Položitev cevi ter postavitev jaška

Vir: (Lastni vir)

Cevi so se obsipale s peskom v debelini 40 cm ter izkopnim materialom. Zaradi nizke globine na koncu trase je bilo cevi treba obbetonirati z betonom C15/20.

Na območju trase sta bili postavljeni tudi elektro in telekomunikacijska (TK) omara, ki ju je bilo treba prestaviti. Prestavitev so izvedle pristojne službe.



Slika 6: Prestavitev elektro in TK omare

Vir: (Lastni vir)

Po izvedbi odvodnjavanja se je izkopal neustrezen material na območju izgradnje pločnika. Izvedlo se je nasutje v debelini 40 cm ter se ustrezno utrdilo. Postavili smo cestne robnike na zunanji strani pločnika in kolesarske robnike na notranji strani. Na mestu vtoka v sistem odvodnjavanja so se postavili vtočni robniki, povezal se je sistem odvodnjavanja v peskolove in jaške. Uredila se je tudi kamnita zložba pri iztoku sistema meteorne kanalizacije v bližnji jarek. Položile so se taktilne označbe. Izvedeni so bili podboj ceste za potrebe javne razsvetljave, postavitev temelja za javno razsvetljavo in vsa ostala potrebna dela.



Slika 7: Kamnita zložba ob iztoku v jarek

Vir: (Lastni vir)



Slika 8: Postavitev cestnih robnikov

Vir: (Lastni vir)

Zaradi poškodb cestne površine, posedkov in razpokanega asfalta je bilo treba zamenjati večji del asfalta (na določenem delu do polovice ceste), kot je bilo predvideno v projektu.



Slika 9: Poškodbe asfaltne površine pred sanacijo

Vir: (Lastni vir)

Obstoječ asfalt smo odrezali in porušili, izkopali neustrezen material in ga nadomestili z ustrežno nevezano nosilno plastjo iz enakomerno zrnatega drobljenca. Izvedli smo pripravo pločnika in ceste na asfalt.



Slika 10: Pločnik v nastajanju

Vir: (Lastni vir)

Sledili so asfaltiranje, ureditev bankin, zelenic in sejanje trave ter postavitve prometnih znakov in javne razsvetljave ter ostala zaključna dela.



Slika 11: Končan projekt

Vir: (Lastni vir)

4.2.2 Določitev mest vtokov

Mesta, predvidena za vtok vode v meteorno kanalizacijo, so bila označena že na projektantskem načrtu. Na osnovi izmerjenih višin ceste z uporabo laserskega nivelirja so se nekatera mesta vtoka prilagodila terenu ter naklonu cestišča in prestavila na ustrežnejše mesto. Odstopanja od projekta so bila minimalna, dovoljena s strani projektanta in nadzora.

Laserski nivelir je geodetski merilni pripomoček in instrument, namenjen natančnemu določanju višinskih razlik v prostoru. Njegova točnost je 3 do 15 mm na razdalji 100 m. Ima viden laserski žarek, katerega vgrajen rotor vrtil žarek okrog vertikalne osi, laserska svetloba pa vizualizira horizontalno ravnino. Instrument ima tudi senzor, ki nas s svetlobnim in zvočnim signalom opozarja, kdaj smo v horizontalnem polju vizure (Žitnik, in drugi, 2012).

Prednosti laserskega nivelirja so:

- visoka natančnost,
- preprosta uporaba,
- hitrost dela,
- vzdržljivost instrumenta,
- majhna možnost napak,
- visok doseg.



Slika 12: Prikaz izmerjenih višinskih razlik z laserskim nivelirjem

Vir: (Lastni vir)

Na osnovi izmerjenega sem lahko potrdila najnižjo točko cestišča in s tem dokazala, kje na projektu je treba izvesti točkovno odvodnjavanje in vtočne robnike ter peskolove. Ugotovila sem, kakšne višinske razlike je treba premagati na celotni razdalji od cevi do iztoka v bližnji jarek. Izmerjene višine so pripomogle k lažji določitvi naklonov robnikov ter izvedenega asfalta. Z ustrezno urejenimi nakloni cestišča smo padavinsko vodo usmerili v sisteme za odvodnjavanje in tako zmanjšali možnosti nastanka zastajanja vode in erozije.

4.3 Erozijska ter poškodbe cestne površine zaradi neustreznega odvodnjavanja

Glavni problem obstoječega stanja je bilo pomanjkanje prometne varnosti na tem predelu ceste, saj ni bil omogočen varen prehod cestišča. Ob tem problemu je bilo treba (tudi zaradi izgradnje pločnika) rešiti še problem neustreznega odvodnjavanja. To namreč ni bilo urejeno oziroma se je vsa voda stekala na travnik, lociran ob glavni cesti. Tako se je na najnižji točki cestišča nabirala voda ob vsakem dežju. Zastajanje vode na enem mestu je povzročilo erozijo terena ter poškodbe cestišča – luknje in razpoke v asfaltu. Kmalu bi se asfalt začel krušiti, cestišče pa bi postalo nevarno za vožnjo.





Slika 13: Prikaz poškodb cestišča

Vir: (Lastni vir)

Do poškodb cestne površine je prišlo zaradi neustreznega odtekanja vode in zastajanja vode na cestišču. Povzročila je erozijo cestne površine ter razpoke na cestišču.

Erozija in poškodbe cestne površine so največkrat posledica neustreznega odvajanja vode. Nastanejo zaradi stalnega vpliva vode na zemljo okoli ceste. Do erozije največkrat pride na območjih z obilnejšimi ter pogostejšimi padavinami in terenu, ki je pod velikim naklonom, sestavljen iz manj sprijemljivih plasti zemljine. V primeru, da voda ne more steči v kanal ali odteči kam drugam, morda celo odteka na neustrezna mesta, začne izpirati zemljino okoli cest. Voda se tako na cestišču zadržuje, saj nima kam odteči, niti ponikniti zaradi podlage (asfalta), ki je neprepustna. Tako prodre pod cestno površino, povzroča številne poškodbe, kot so razpoke, posedke, izbokline, saj se tla zmechajo in ob tem izgubijo svojo nosilnost ter so tako bolj dovzetne za vplive iz zunanjega okolja. Še posebej velik problem predstavljajo zimski meseci, ko voda ob nizkih temperaturah zamrzne, zapolni razpoke in jih razširi ter tako veča. Zastajanje vode na cestišču povzroča večje obremenitve na cestni strukturi in posledično slabša trajnost materialov in poškodbe ter propadanje. To oslabi spodnje plasti ceste in povzroči spodjedanje cestne površine (Environmento.com, 2021).

Z ustreznim in kakovostnim odvodnjavanjem tako vodo varno preusmerimo v kanalizacijo ali druge ustrezne kanale, kar zmanjša verjetnost zastajanja vode ali izpiranja in posledično premikanja terena, zagotavlja večjo stabilnost in podaljšuje življenjsko dobo cestne infrastrukture.

5 POMEN VZDRŽEVANJA CEST IN SISTEMOV ODVODNJAVANJA

Vzdrževanje je ključnega pomena za učinkovito delovanje, zagotavljanje varnosti in daljšanje življenjske dobe projekta ter zajema vrsto opravil, ki jih je treba izvajati in spremljati ter imeti nadzor nad njimi. Vzdrževanje infrastrukture je še posebej pomemben proces, ki se ga je treba lotiti temeljito in se ob tem zavedati vseh njegovih prednosti. Pomena in pomembnosti vzdrževanja cest in sistemov odvodnjavanja se zavedajo tudi na najvišji ravni države in posledično o tem govorijo tudi zakoni in pravilniki.

13. člen

(redno vzdrževanje bankin)

Bankine se vzdržujejo tako, da zagotavljajo bočno stabilnost vozišča, omogočajo razpršeno odtekanje vode z vozišča in postavitev prometne signalizacije in prometne opreme.

14. člen

(redno vzdrževanje naprav za odvodnjavanje)

(1) Z območja ceste mora biti omogočen odtok površinskih in talnih voda. Preprečeno mora biti pritekanje vode in nanašanje naplavin z brežin in cestnih priključkov na vozišče. Naprave za odvodnjavanje je treba vzdrževati in čistiti tako, da ne puščajo, da na njih ali v njih voda ne zastaja in da je z vseh sestavnih delov ceste zagotovljeno regulirano odvajanje vode.

(2) Ne glede na prejšnji odstavek je v posameznih delih naprav za odvodnjavanje zastajanje vode dovoljeno (npr. peskolovi, usedalniki).

(PISRS.si, 2016)

Vzdrževanje sistemov odvodnjavanja je namenjeno temu, da se ohranijo prometne, tehnične in varnostne lastnosti sistema odvodnjavanja ter ceste. Z rednim pregledovanjem in vzdrževanjem se tudi v največji možni meri zaščiti okolje pred zunanjimi škodljivimi vplivi, ki bi lahko imeli negativen vpliv na okolje. Je torej strateški pristop, s katerim pripomoremo k izboljšanju kakovosti ter učinkovitosti sistema.

Vzdrževanje je torej ključnega pomena za zagotavljanje funkcionalnosti, optimalnosti ter varnosti cest in odvodnih sistemov. Z ustreznim vzdrževanjem dosežemo:

- daljšo življenjsko dobo odvodnih sistemov ter posameznega gradbenega projekta,
- večjo varnost v prometu,
- manjše vzdrževalne stroške,
- manjše negativne vplive na okolje.

Neustrezno odvodnjavanje je eden glavnih vzrokov za poškodbe cestne infrastrukture. Zastajanje vode na cestišču povzroči razpoke in druge deformacije cestišča, ki se zaradi drugih vplivov (obremenitve, vremenskih vplivov ...) hitro širijo. Takšne deformacije cestišča je treba pravočasno ustrezno sanirati. V primeru rednega vzdrževanja odvodnih sistemov preprečimo zastajanje vode na površinah, saj lahko voda pravočasno odteče. Pri rednih kontrolnih pregledih lahko opazimo morebitne vzroke za zastajanje vode ali poškodbe odvodnega sistema in lahko pravočasno ukrepamo. Prav tako redno pregledovanje in vzdrževanje infrastrukturnih površin zmanjšuje potrebo po večjih popravilih ali celotni zamenjavi cestišča. Tako se podaljša življenjska doba infrastrukture in prihranijo stroški, ki bi bili potrebni za sanacijo.

Ustrezno vzdrževane ceste zmanjšujejo tveganja za nesreče, saj se pravočasno odstranijo morebitni (vidni ali nevidni) povzročitelji nezgod. Z rednimi cestnimi popravili poškodb cestišča, kot so luknje, razpoke, posedki, vozilom omogočimo varnejšo vožnjo. Z ustrezno vzdrževanimi sistemi odvodnjavanja preprečujemo zadrževanje vode na cestišču, ki lahko povzroči akvaplaning, zdrs vozila ali drugega udeleženca v prometu ali oteži zaviranje vozila ter zmanjša nadzor nad vozilom.

Vzdrževanje predstavlja finančno obremenitev; treba je namreč plačati vzdrževalce, čiščenje odvodnega sistema, popravila ter sanacije manjših del, preglede ... Vendar nam v primeru, da opravljamo sproten nadzor in opravljamo manjša vzdrževalna dela na sistemih odvodnjavanja in cestišču, to omogoča hitro odkrivanje manjših poškodb, ki so za popravilo bistveno cenejše v primerjavi z obsežnimi sanacijami, ki bi jih morali izvesti v primeru večjih poškodb. Investicija v redno vzdrževanje nam torej dolgoročno prinaša prihranke, saj preprečuje poškodbe in potrebo po popolnih rekonstrukcijah infrastrukture.

Ustrezno delujoči sistemi odvodnjavanja preprečujejo onesnaženje okolja, saj odpadno vodo usmerjajo v za to namenjene zbiralnike ali čistilne sisteme. Tako preprečimo, da bi ta odpadna voda prišla v podtalnico ali bližnje ekološke sisteme, še posebej tam, kjer so prometne obremenitve velike in je voda, ki se steka iz cestnih površin, izjemno onesnažena.

Z ustreznim vzdrževanjem odvodnih sistemov dosežemo večjo varnost, ekonomičnost in trajnost infrastrukture, saj preprečimo hitro poslabšanje stanja cest, zmanjšamo stroške sanacije in varujemo okolje (GOV.si, 2023).

5.1 H1: Z ustreznim odvodnjavanjem zmanjšamo erozijo in poškodbe cestne površine, kar bo zmanjšalo potrebo po rednem vzdrževanju in popravilih cest ter s tem tudi prihranilo stroške vzdrževanja

Ko so ceste zaščitene pred škodljivimi učinki vode, bo njihova površina dalj časa ohranila svojo funkcionalnost, kar pomeni manj pogosto popravilo poškodb, kot so razpoke in vdori, ki nastanejo zaradi vpliva vode.

Zmanjšanje poškodb cestne površine pomeni manj pogosto poseganje v njeno popravilo, kar vodi do zmanjšanja stroškov za vzdrževanje, ki vključujejo delovno silo, delovno mehanizacijo in materiale.

Daljša življenjska doba ceste brez večjih poškodb pomeni tudi manjšo investicijo v obnovo ali zamenjavo poškodovanih delov ceste, kar nam omogoča prihranke v daljšem časovnem obdobju.

Stroški vzdrževanja in sanacije cestne infrastrukture se razlikujejo glede na kompleksnost in obseg sistemov odvodnjavanja. Glavni stroški vzdrževanja so največkrat povezani s čiščenjem, pregledi in popravili, v primeru večjih poškodb pa z investicijami v obnovo ali nadgradnjo sistema.

Hipotezo bom poskušala dokazati na primeru projekta Prehod za pešce na R3 711 odsek 9013 Rače–Kungota–Kidričevo. Primerjala bom ceno investicije v sistem odvodnjavanja, ter stroške, ki so bili potrebni za obnovo cestišča zaradi erozije in poškodb cestišča. Prikazala bom tudi cene stroškov vzdrževanja sistemov odvodnjavanja ter cene stroškov vzdrževanja cestne površine v primeru poškodb cestišča.

STROŠKI IZGRADNJE SISTEMA ODVODNJAVANJA

Cene in količine so pridobljene iz končnega obračuna del.

Tabela 2: Izračun stroškov izvedbe odvodnjavanja na projektu prehoda za pešce po obračunu del

Zap. šte.	Prehod za pešce na R3 711 odsek 9013 Rače–Kungota–Kidričevo v km 1 + 214,00 (IZVEDBA ODVODNJAVANJA)	ME	Količina	Cena na enoto brez DDV (EUR)	Skupaj cena brez DDV (EUR)
1.	Površinski izkop plodne zemljine – 1. kategorije strojno z odrivom do 50 m (cca 20 cm)	M3	40	5,20	208,00
2.	Izkop vezljive zemljine/zrnate kamnine 3. kategorije za temelje, kanalske rove, prepuste, jaške in drenaže, širine do 1,0 m in globine do 1,5 m – strojno, planiranje dna ročno	M3	121	5,20	629,20
3.	Ureditev planuma temeljnih tal vezljive zemljine 3. kategorije	M2	65	0,95	61,75
4.	Dobava in vgraditev geotekstilije za ločilno plast 300 g/m ²	M2	65	3,25	211,25
5.	Zasip kanalizacijskih cevi s peskom	M3	35	29,90	1.046,5
6.	Dobava in vgradnja betona C15/20 za obbetoniranje cevi	M3	4	85,00	340,00
7.	Zasip z vezljivo zemljino 3. kat. – strojno	M3	82	7,50	615,00
8.	Izdelava kanalizacije iz cevi iz polivinilklorida, vgrajenih na	M1	4	20,50	82,00

	planumu izkopa, premera do 16 cm, v globini do 1,0 m				
9.	Izdelava kanalizacije iz cevi iz polivinilklorida, vgrajenih na planumu izkopa, premera 20 cm, v globini do 1,0 m	M1	11	24,90	273,90
10.	Izdelava kanalizacije iz cevi iz polivinilklorida, vgrajenih na planumu izkopa, premera 25 cm, v globini do 1,0 m	M1	93,50	27,50	2.571,25
11.	Izdelava jaška iz polietilena, krožnega prereza s premerom 50 cm, globokega 1,0 do 1,5 m	KOS	5	235,00	1.175,00
12.	Izdelava jaška iz polietilena, krožnega prereza s premerom 80 cm, globokega 1,0 do 1,5 m	KOS	4	278,00	1.112,00
13.	Izdelava jaška iz polietilena, krožnega prereza s premerom 80 cm, globokega 1,5 do 2,0 m	KOS	1	335,00	335,00
14.	Dobava in vgraditev pokrova iz duktilne litine z nosilnostjo 250 kN krožnega prereza s premerom 60 cm	KOS	5	265,00	1.325,00
15.	Dobava in izdelava iztočne glave DN250 mm ter izdelava tlakovanega izpusta vključno z vsem potrebnim materialom in deli	KOS	1	208,00	208,00
16.	Dobava in vgraditev predfabriciranega vtočnega	KOS	5	39,80	199,00

	robnika iz cementnega betona, z izmerami 15/30/50 cm				
SKUPAJ IZVEDBA ODVODNJAVANJA					10.392,85

Vir: (PREDAN d. o. o., 2024)

STROŠKI SANACIJE CESTNE POVRŠINE – ASFALTA

Cene in količine so pridobljene iz končnega obračuna del.

Tabela 3: Izračun stroškov sanacije cestne površine na projektu prehoda za pešce po obračunu del

Zap. šte.	Prehod za pešce na R3 711 odsek 9013 Rače–Kungota–Kidričevo v km 1 + 214,00 (SANACIJA CESTNE POVRŠINE)	ME	Količina	Cena na enoto brez DDV (EUR)	Skupaj cena brez DDV (EUR)
1.	Rezanje asfaltne plasti s talno diamantno žago debeline 6 do 10 cm	M1	105	4,8	504,00
2.	Porušitev in odstranitev asfaltne plasti, z nakladanjem in odvozom na deponijo do 3 km, v debelini 6 do 10 cm	M2	231	13,20	3.049,20
3.	Široki izkop neustreznega terena strojno z nakladanjem in odvozom na deponijo do 3 km	M2	231	5,20	1.201,20
4.	Izdelava nevezane nosilne plasti enakomerno zrnatega drobljenca iz kamnine v debelini 40 cm	M3	92	34,50	3.174,00
5.	Strojno valjanje in planiranje v natančnosti +/-1cm	M2	231	1,30	300,3

	vključno s komprimacijo planuma zgornjega ustroja				
6.	Izdelava nosilne plasti bituminizirane zmesi AC 22 base B50/70 A3 v debelini 7 cm	M2	231	23,50	5.428,50
7.	Izdelava obrabne in zaporne plasti bitumenizirane zmesi AC 8 surf B 50/70 A3 v debelini 3 cm	M2	231	17,80	4.111,80
	Pobrizg s kationsko bitumensko emulzijo 0,31 do 0,50 kg/m ²	M2	231	1,45	334,95
SKUPAJ SANACIJA CESTNE POVRŠINE					18.103,95

Vir: (PREDAN d. o. o., 2024)

PREDVIDENI STROŠKI VZDRŽEVANJA odvodnjavanja

Pridobljeni si bili na osnovi ponudbe izvajalcev del. Cene so zato informativne in se lahko pri drugih ponudnikih razlikujejo.

- Ročno čiščenje peskolovov do fi 40, vključno s prevozom delovne skupine, vsemi deli in prenosi ter odvozom materiala: 1 kos = 18,00 EUR.
- Ročno čiščenje revizijskih jaškov do fi 80, vključno s prevozom delovne skupine, vsemi deli in prenosi ter odvozom materiala: 1 kos = 28,90 EUR.
- Čiščenje cevi meteorne kanalizacije z vodo pod pritiskom, vključno s prevozom delovne skupine, vsemi deli in prenosi ter odvozom materiala: 1 ura = 87,30 EUR.
- Strojno čiščenje jarkov od nanosa materiala, vključno z vsemi deli in prenosi ter odvozom materiala: m¹ = 7,00 EUR.

PREDVIDENI STROŠKI VZDRŽEVANJA cestne površine

Pridobljeni so bili na osnovi ponudbe izvajalcev del. Cene so zato informativne in se lahko pri drugih ponudnikih razlikujejo.

- Strojna ureditev bankin v pravilnem naklonu, vključno z ročnim dosipom in utrjevanjem: $m^1 = 2,50$ EUR.
- Krpanje udarnih jam asfaltnege vozišča s hladnim asfaltom: $kg = 1,20$ EUR.
- Zalivanje razpok z zalivno maso: $m^1 = 3,00$ EUR

Hipotezo H1 sem želela dokazati na osnovi izračunov stroškov izgradnje sistema odvodnjavanja ter stroškov, ki so bili potrebni za sanacijo cestne površine – asfalta zaradi zastajanja vode na cestišču. Na osnovi izračunanih podatkov lahko hipotezo potrdim, saj z ustreznim odvodnjavanjem, za katerega je investitor odštela 10.392,85 EUR, preprečimo zadrževanje vode na cestišču, posledično zmanjšamo ali preprečimo erozijo ter poškodbe cestne površine, kar zmanjša potrebo po rednem vzdrževanju sistemov odvodnjavanja ter popravilih cestnih površin, za katere je bilo porabljenih 18.103,95 EUR, in prihrani stroške, ki smo jih porabili za sanacijo cestne površine zaradi erozije cestišča. Edini strošek, ki ga mora investitor še vložiti v projekt, je njegovo redno vzdrževanje odvodnih sistemov.

6 SISTEMI ODVODNJAVANJA

Sistem odvodnjavanja meteornih voda deluje tako, da meteorno vodo iz neprepustnih površin čim prej preusmeri na druge površine, ki so prepustne oziroma na mesta, kamor voda lahko odteka. Vedno se je treba osredotočiti, da vodo speljemo iz mesta, kjer je ne želimo/ne potrebujemo do drugega mesta, navadno je to v kanalizacijo, ponikovalnico ali bližnje potoke ter druga mesta. Da bodo sistemi kar najbolje opravljali svojo primarno funkcijo, jih je treba tudi ustrezno vzdrževati in skrbeti za cestne površine (pometanje, čiščenje).

Na vseh površinah, tako javnih kot zasebnih, je treba poskrbeti za sisteme, ki bodo omogočali odtekanje vode in poskrbeli za učinkovito obvladovanje padavin. To lahko dosežemo z več vrstami sistemov odvodnjavanja. Pomembno je, da izberemo pravega. Izbira sistema odvodnjavanja za posamezen projekt mora temeljiti na:

- vrsti površine,
- količini padavin in podnebnih pogojih posameznega območja,
- topografskih značilnostih,
- vzdrževanju, ki ga bomo lahko izvajali,
- stroških, ki jih imamo na razpolago.

Na osnovi tega izberemo sistem odvodnjavanja, ki je najprimernejši za naš projekt. To je navadno naloga projektanta, ki na osnovi izbora informacij določi sistem za odvodnjavanje. Odvodnjavanje mora biti namreč ustrezno načrtovano in urejeno, izgrajen mora biti celoten sistem odvodnjavanja, da je to lahko učinkovito.

Sistemi odvodnjavanja so sestavljeni iz več komponent, ki skupaj omogočajo učinkovito zbiranje, usmerjanje in odvajanje meteorne vode. Sestavljeni so iz zbirnih elementov (odtočni jaški, odtočne reže), transportnih sistemov (cevi, kanali) in izpustnih točk. Tem osnovnim elementom lahko dodamo še številne filtracijske in čistilne sisteme ter krmilne in regulacijske elemente.

Najpogostejši sistemi odvodnjavanja so točkovno odvodnjavanje, odvodnjavanje z linijskimi požiralniki, odvodnjavanje z 'muldo' ali koritnico, odvodnjavanje z ACO KerbDrain robniki.

6.1 Točkovno odvodnjavanje

Točkovno odvodnjavanje omogoča zbiranje in usmerjanje padavinske vode iz določenih mest, točk ali manjših območij, kot so posamezni deli cestišča, pločnika, dvorišč, parkirišč in tudi streh. Pomeni, da se voda zbere na specifičnih mestih, tam skozi luknjo ali več lukenj steče v odvodni kanalizacijski sistem ter se odvede po ceveh dalje v večje sisteme odvodnjavanja, ponikovalnice ali jarke.

Ta metoda se uporablja predvsem zaradi hitrega zmanjšanja količine stoječe vode na površini in tako prepreči negativne učinke, ki bi jih stoječa voda lahko povzročila. Tak sistem lahko zmanjša količino onesnaženih odpadnih voda, ki se skozi sisteme stekajo iz asfaltnih površin v okolico, saj se voda najprej zbere v odvodnih luknjah (peskolovih in jaških), kjer ostanejo onesnaženi delci, nato šele odteče v odvodni sistem. Uporablja se v okolju, kjer je veliko trdih, neprepustnih površin.

Je ena najpogosteje uporabljenih metod, saj je njena izgradnja precej preprosta, hitra in kakovostna. Pomembno je, da izberemo pravilna mesta vtokov in jih postavimo na najustreznejše mesto, kamor odteka vsa padavinska voda, ki bi drugače zastajala na prometni površini.

Slabost takih sistemov odvodnjavanja je njihova omejena kapaciteta, saj lahko v primeru večjih nalivov in ob premajhnih dimenzijah cevi pride do neustreznega odvodnjavanja vode. Sisteme je zato treba redno vzdrževati in čistiti. Pri izgradnji sistema je treba veliko pozornost nameniti ustreznim naklonom prometnih površin, ki vodo 'usmerijo' proti vtokom ali rešetkam (LOS.si, 2023).

Odtočni jaški so zbiralniki vode, ki se nahajajo na posameznih točkah, na parkiriščih, cestiščih ali drugih površinah. Omogočajo hitro zbiranje padavinske vode in njeno usmerjanje v podzemni sistem odvodnjavanja ali zbirališče vode. Odtočna reža ali rešetka je navadno litoželezna in skozi njo meteorna voda prihaja v odvodni sistem. Rešetke se uporabljajo na parkiriščih, redkeje na cestišču. V jašek lahko vodo speljemo tudi z luknjo v robniku, tako da je vtok vode iz cestišča izveden pod robnikom, če je ob cesti tudi pločnik. V obeh primerih mora biti vgrajen tudi peskolov, ki zadrži umazanijo iz okolja (listje, kamenje, smeti), ki se posede na tla, voda pa ob dvigu vodne ravni odteče naprej po ceveh v jaške in kasneje v večje kanalizacijske sisteme ali skozi iztok v jarke, reke ali zbirališča vode.



Slika 14: Izvedba vtoka pod robnikom v meteorno kanalizacijo

Vir: (Lastni vir)

6.2 Linijski požiralniki

Odvodnjavanje z linijskimi požiralniki je vrsta odvodnjavanja, ki se uporablja za zbiranje in preusmerjanje padavinske vode iz večjih površin, kot so parkirišča in dvorišča. Omogoča hitro zbiranje vode in njen odvod v odvodni sistem.

Linijski požiralniki so dolgi in ozki kanali, skozi katere voda vzdolž dolžine površine prehaja v sistem odvodnjavanja. Poznamo več vrst linijskih požiralnikov. Linijski požiralniki so lahko izdelani na terenu, t. i. monolitni, navadno iz betona, ali pa uporabimo vnaprej izdelane montažne sisteme, ki jih sestavimo in vgradimo na gradbišču.

Sestavljeni so iz rešetke in kanala, v katerega se voda nabere in odteka do cevi, nato pa dalje po cevi. Materiali, iz katerih so izdelani kanali, so različni. Lahko so narejeni iz enega ali več materialov. Poznamo kanale iz betona, kovine, litega železa, poliestra, polietilena in drugih materialov. Rešetke so različne. Poznamo LTŽ, aluminijaste ... Pri rešetkah je pomembna njihova nosilnost, ki se razlikuje glede na območje uporabe; drugačna je za vozne in za pohodne površine.

Na koncu linijskih požiralnikov ali v križiščih so običajno nameščeni jaški, ki omogočajo zbiranje vode in njen prehod v podzemni kanalizacijski sistem, odtočni jarek ali zbirališče vode. Linijske požiralnike v jaške speljemo s pomočjo povezovalnih cevi.

Pri izbiri ustreznega linijskega požiralnika moramo vedeti, kje in za kakšen projekt ga bomo uporabili. Pomembno je, da so odporni proti zunanjim vplivom in dovolj obstojni. Na osnovi znanih informacij se odločimo, kakšen požiralnik bomo vgradili (Hauraton.si, 2024).



Slika 15: Linijski požiralniki

Vir: (Hauraton.si, 2024)

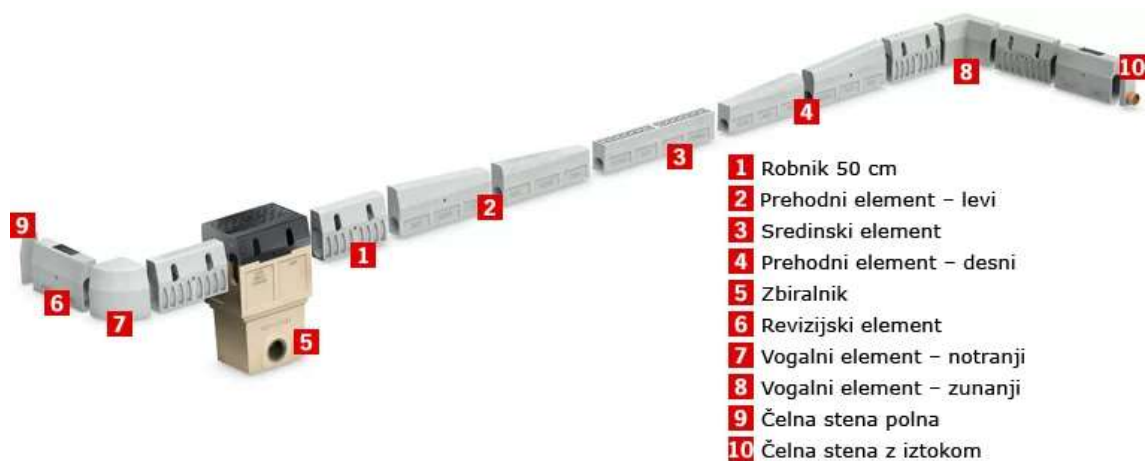
6.3 Odvodnjavanje z asfaltno muldo ali koritnico

Gre za specifičen način odvodnjavanja, ki vključuje uporabo asfaltnih površin, zasnovanih tako, da omogočajo odtekanje vode s pomočjo 'asfaltnega korita', ki vodo usmeri v sisteme odvodnjavanja – jaške, vodotoke ...

Največkrat se izvaja na cestišču, ulicah, parkiriščih in drugih cestnih površinah z visokimi prometnimi obremenitvami. Tudi v tem primeru so izjemno pomembni nakloni cestišča, da lahko voda ustrezno odteka.

6.4 Odvodnjavanje z modulnimi betonskimi robniki za linijsko požiranje in odvajanje meteornih voda ACO KerbDrain

Gre za posebne vrste robnikov s kanaletno ter stranskimi vtoki, ki omogočajo odvodnjavanje. Gre za modulni sistem predhodno izdelanih elementov dolžine 50 cm in 100 cm, ki jih lahko polagamo v liniji ali radiju. Celoten sistem je sestavljen iz več elementov (ACO.si, 2024).



Slika 16: Elementi ACO KerbDrain odvodnjavanja

Vir: (ACO.si, 2024)

Izdelani so iz polimernega betona, ki je obstojen, zmrzljivo odporen in odporen proti soli in kemikalijam. Omogočajo odvodnjavanje cestišč, krožišč, parkirišč in drugih prometnih površin (ACO.si, 2024).



Slika 17: ACO KerbDrain linijsko odvodnjavanje

Vir: (ACO.si, 2024)

6.5 H2: Odvodnjavanje z vtočnimi robniki in jaški je za 20 % bolj ekonomsko racionalno v primerjavi z drugimi sistemi odvodnjavanja

Na projektu izgradnje prehoda za pešce ter pločnika z vključenim odvodnjavanjem je bilo izvedeno točkovno odvodnjavanje s stranskimi vtoki robnikov v peskolove in jaške ter meteorne cevi in iztokom v bližnji jarek. Dokazati želim, da je ta način odvodnjavanja, kljub številnim drugim vrstam odvodnjavanja, ki jih poznamo, ekonomsko najbolj racionalen. Izvedla bom primerjavo s sistemom odvodnjavanja z modulnimi betonskimi robniki za linijsko požiranje in odvajanje meteornih voda ACO KerbDrain, opisanimi v poglavju 6.4. Drugi zgoraj omenjeni sistemi odvodnjavanja na tem projektu ne pridejo v poštev. Asfaltne mulde, glede na to, da imamo na obeh straneh pločnik in gre za javno cesto, tukaj ne moremo izvesti, prav tako linijski požiralniki niso primeren sistem za odvodnjavanje visoko prometnega cestišča.

Hipotezo bom poskusila potrditi na osnovi stroškov izvedbe odvodnjavanja z vtočnimi robniki in jaški, katerih ceno izvedbe sem že predstavila v H1. Cena izvedbe sistema odvodnjavanja na projektu je znašala 10.392,85 EUR (Tabela 2). Ta sistem odvodnjavanja bom primerjala z izvedbo ACO KerbDrain robnikov za meteorno odvodnjavanje, katerega ceno sem pridobila na osnovi poslanega povpraševanja za ponudbo ponudniku teh robnikov (ACO gradbeni elementi, zastopanje d. o. o.) ter na osnovi tega izdelala okvirno ponudbo izvedbe del.

STROŠKOVNI IZRAČUN IZVEDBE ODVODNJAVANJA Z ACO KERBDRAIN

Pri izvedbi moramo tudi pri tem sistemu odvodnjavanja vključiti nekatera dela, ki smo jih izvedli pri dejansko izvedenem projektu, saj moramo vodo, ki se bo nabirala v modulnih robnikih, prav tako speljati v bližnji jarek. Za primerjavo bi se uporabile PVC cevi. Predlagana dimenzija cevi bi tako bila DN 200. Vgraditi bi se moral tudi en revizijski jašek. Tudi tega je treba prišteti k ceni izdelave sistema odvodnjavanja. Skupna dolžina izvedbe robnikov bi bila 83 m, čemur je treba prišteti tudi 90 m za izvedbo meteorne kanalizacije za odvod vode v bližnji jarek.

Tabela 4: Predviden izračun izvedbe odvodnjavanja z modulnimi betonskimi robniki za linijsko požiranje in odvajanje meteornih voda ACO KerbDrain

Zap. šte.	PONUDBA: Izvedba odvodnjavanja z modulnimi betonskimi robniki za linijsko požiranje in odvajanje meteornih voda ACO KERBDRAIN	ME	Količina	Cena na enoto brez DDV	Skupaj cena brez DDV
1.	Površinski izkop plodne zemljine – 1. kategorije strojno z odrivom do 50 m (cca 20 cm)	M3	22	5,20	114,40
2.	Izkop vezljive zemljine/zrnate kamnine 3. kategorije za temelje, kanalske rove, prepuste, jaške in drenaže, širine do 1,0 m in globine do 1,5 m – strojno, planiranje dna ročno	M3	65	5,20	338,00
3.	Ureditev planuma temeljnih tal vezljive zemljine 3. kategorije	M2	45	0,95	42,75
4.	Dobava in vgraditev geotekstilije za ločilno plast 300 g/m ²	M2	45	3,25	146,25
5.	Zasip kanalizacijskih cevi s peskom	M3	18	29,90	538,20

6.	Zasip z vezljivo zemljino 3. kat. – strojno	M3	36	7,50	270,00
7.	Izdelava kanalizacije iz cevi iz polivinilklorida, vgrajenih na planumu izkopa, premera 20 cm, v globini do 1,0 m	M1	90	24,90	2.241,00
8.	Izdelava jaška iz polietilena, krožnega prereza s premerom 80 cm, globokega 1,0 do 1,5 m	KOS	1	278,00	278,00
9.	Dobava in vgraditev pokrova iz duktilne litine z nosilnostjo 250 kN krožnega prereza s premerom 60 cm	KOS	1	265,00	265,00
10.	Dobava in izdelava iztočne glave DN 200 mm ter izdelava tlakovanega izpusta vključno z vsem potrebim materialom in deli	KOS	1	208,00	208,00
11.	ACO DRAIN KERBDRAIN 305 L = 100 cm	KOS	60	83,00	4.980,00
12.	ACO KERBDRAIN 305 Radij R6-7 500 mm	KOS	10	49,00	490,00
14.	KERBDRAIN 305 L = 305 mm, notranji kot 90*	KOS	1	129,00	129,00

15.	ACO KERBDRAIN 305 padajoči element LEVI	KOS	3	79,00	237,00
16.	ACO KERBDRAIN 305 vzpenjaj element DESNI	KOS	3	79,00	237,00
17.	KERBDRAIN 305 sredinski el. s perforacijami	KOS	13	87,00	1.131,00
18.	Zgornji del zbiralnika za KERBDRAIN 305, 1 = 305 mm	KOS	5	305,00	1.525,00
19.	ACO DRAIN E- S150/200/300K zbiralnik sp. del KF DN200	KOS	5	73,00	365,00
20.	Vedro za mulj, pocinkano S300K KF	KOS	5	22,00	110,00
21.	Položitev ACO KERBDRAIN robnikov, vključno s potrebnim izkopom, dobavo in vgradnjo betona ter postavitvijo na višino, z vsemi deli in prenosi (skupno 83 m)	M1	83	50	4.150,00
SKUPAJ IZVEDBA ODVODNJAVANJA					17.795,60

Vir: (Lasten vir)

Na osnovi izračunanega lahko prikažem razliko med izvedbo ustreznega odvodnjavanja z dvema različnima vrstama odvodnjavanja na predstavljenem projektu in tako primerjam obe vrsti odvodnjavanja ter dokažem, katera bi bila cenovno ugodnejša za omenjeni projekt.

Tabela 5: Prikaz razlike v stroških izvedbe različnih sistemov odvodnjavanja

Vrsta odvodnjavanja	Cena izvedbe del (EUR)	Razlika (EUR)	Razlika (%)
Točkovno odvodnjavanje z vtočnimi robniki in jaški	10.392,85		
Odvodnjavanje z modulnimi betonskimi robniki za linijsko požiranje in odvajanje meteornih voda ACO KerbDrain	17.795,60		
		7.402,75	41,58

Vir: (Lastni vir)

Na osnovi izračunanega dokažem, da je zastavljena hipoteza napačna. Točkovno odvodnjavanje z vtočnimi robniki in jaški je sicer res ekonomsko bolj racionalno, vendar ne samo za 20 %, temveč kar za 42 %.

7 PRIMERJAVA KLASIČNIH PVC CEVI S POLIESTRSKIMI CEVMI

Vrsta cevi se izbere glede na notranje in zunanje statične obremenitve, trajnost cevi, obstojnost proti koroziji in kemijskim vplivom, način spajanja, pričakovano življenjsko dobo in ceno cevi ter zemeljskih del. Pogosto je investitorju poleg kakovostne izvedbe najpomembnejša cena, vendar ne bi smelo biti tako. Pri izbiri moramo predvsem upoštevati celotne stroške, vključno s stroški obratovanja (Žitnik, in drugi, 2012).

Cevi za izgradnjo kanalizacijskega sistema je veliko. Razlikujejo se glede na material, iz katerega so narejene, njihov premer in velikost ter glede na določene karakteristike. Pomembno je, da se zavedamo, da se cevi delijo tudi glede na namen njihove uporabe, s čimer se spreminjajo tudi njihove lastnosti, ki jim morajo zadostiti. Izpolnjevati morajo karakteristike, kot so: trajnost, mehanska odpornost, trdnost, vodotesnost, hidravlične karakteristike, odpornost na zunanje vplive, preprostost pri uporabi idr. Na osnovi želenih karakteristik za posamezen kanalizacijski sistem izberemo tiste cevi, ki so najprimernejše.

Glede na material ločimo:

- PVC (polivinilklorid) cevi/plastične cevi za kanalizacijo so gladke in toge. Največkrat se uporabljajo ravno zaradi svoje lahкости, trpežnosti in odpornosti na zunanje vplive ter korozijo. Preproste so za montažo in vzdrževanje. Ena glavnih slabosti teh cevi je njihova občutljivost na udarce, še najbolj takrat, ko so temperature nizke. S starostjo velikokrat postajajo bolj toge in krhke, kar možnost loma še bolj poveča. Največ se uporabljajo za odvod fekalnih in odpadnih voda, tako za stanovanjske kot tudi komercialne in industrijske objekte (PIPELIFE.si, 2024).

- PE (polietilen) cevi so lahke, gladke, prožne in odporne na kemikalije, korozijo in mraz ter imajo dolgo življenjsko dobo. Njihova dobra lastnost je tudi fleksibilnost, zaradi česar so primerne za montažo v težkih terenskih razmerah. Slabost teh cevi je, da niso ognjeodporne, raztapljajo se v topilih in oljih. Uporabljajo se za odvod odpadnih voda ter pri vodovodnih sistemih. Iz polietilena se izdelujejo tudi PE-HD cevi, katerih karakteristike so zelo podobne, največkrat pa se uporabljajo kot zaščita kabelske kanalizacije (PIPELIFE.si, 2024).

- Betonske cevi so izjemno trde in trajne, primerne predvsem za prenos večjih količin odpadnih voda (glavni kanalizacijski sistemi). Posledično se uporabljajo večji premeri cevi. Uporabljajo

se predvsem za odvodnjavanje javnih in industrijskih objektov. Ena glavnih slabosti betonskih cevi je njihova montaža, saj so veliko težje od drugih vrst cevi (JARC.si, 2024).

- Glinene cevi so se veliko uporabljale v preteklosti, danes pa se ne uporabljajo več zaradi njihovih slabih lastnosti, kot so: občutljivost na zmrzal, krhkost in težave z montažo.

- PI (poliestrske) cevi so cevi izdelane iz poliestrske smole in steklenih vlaken. So izjemno kemijsko in korozijsko odporne, lahke, imajo dolgo življenjsko dobo in so preproste za montažo. Uporabljajo se za vodovodne, kanalizacijske in odvodne sisteme, v gradbeništvu in industriji (SISTEKO.si, 2024).

Cevi, primernih za odvodnjavanje odpadnih vod, je veliko. Izbira cevi mora temeljiti na njihovih lastnostih in namenu uporabe. Zadostiti je treba njihovi funkcionalnosti in izbrati take cevi, ki bodo prispevale k dolgotrajnosti sistema odvodnjavanja. Pri izbiri primernih cevi za odvodnjavanje moramo upoštevati vrsto terena in tal, količino padavin na določenem območju, razne vplive iz okolja ter specifične zahteve pri montaži.

Na projektu so uporabljene PVC cevi. Vgrajene so cevi premera DN 160 mm, DN 200 mm in DN 250 mm. Težav pri vgradnji cevi ni bilo. Izvedena sta bila tudi pregled cevi pred zasutjem in delovanje celotnega odvodnega sistema. Sama sem si zastavila hipotezo primerjave PVC cevi s poliestrskimi, saj bi želela na projektu uporabiti poliestrske cevi.

7.1 PVC cevi

PVC je osnovni gradnik cevnih sistemov in velja za enega izmed prvih in najbolj uporabljenih plastičnih materialov za kanalizacijske sisteme pri odvajanju meteornih vod, odpadnih vod gospodinjstev ter industrijskih objektov.

PVC cevi so tanke in enoslojne. Na eni strani so narejene iz obojke ali mufe, z izdelanim utorom, ki deluje kot ležišče profilnemu tesnilu, na drugi strani pa iz ravnega dela cevi, ki nalega v mufo naslednje cevi. Plastične cevi za kanalizacijo spajamo s spojnimi ali t. i. fazonskimi kosi.



Slika 18: PVC cevi

Vir: (PIPELIFE.si, 2024)

Prednosti PVC cevi:

- gladka notranja površina, ki skrbi za odlično odnašanje odplak in zmanjšuje tveganje za nastanek usedlin,
- lahkost cevi (prostorninska masa cevi je $1,45 \text{ kg/dm}^3$),
- preprost transport materiala, ravno zaradi lahkosti cevi,
- hitra in preprosta montaža cevne sistema,
- popolna tesnost cevovoda,
- trajnost,
- kemična odpornost in dobro prenašanje širokega spektra tekočin,
- minimalni stroški vzdrževanja.

Slabosti PVC cevi:

- slaba odpornost proti UV žarkom, sčasoma lahko postanejo krhke, če so izpostavljene dolgotrajni sončni svetlobi,
- slaba odpornost na nizke temperature,

- slaba odpornost na izjemno visoke temperature (temperaturna omejitev za PVC je običajno do okoli 60 °C),
- slaba odpornost na večje tlake, zato se večinoma uporabljajo pri nizko- in srednjetačnih sistemih.

PVC cevi se pogosto uporabljajo za distribucijo pitne vode, kanalizacijske sisteme, odvajanje meteornih vod, električne in telekomunikacijske instalacije ter namakalne sisteme. Zaradi manjše teže in posledično lažje montaže so primerne za projekte, kjer so dostop in delovne razmere omejeni (PIPELIFE.si, 2024).

Njihova cenovna dostopnost jih naredi priljubljene za splošne infrastrukturne projekte. So običajno cenovno ugodne in dostopne za splošno uporabo. Cena PVC cevi DN 200 mm znaša okrog 6,50 EUR/m brez DDV.

7.2 *Poliestrške cevi (PI)*

Tako kot betonske in armiranobetonske se tudi poliestrske cevi za kanalizacijo uporabljajo za kanalizacijske sisteme večjega premera. Poliester je material, sestavljen iz treh komponent. To so: nenasičena poliestrska smola, steklena vlakna in razna polnila. Smola deluje kot vezivo za posamezne komponente, enako kot cement pri betonu.



Slika 19: Poliestrske cevi

Vir: (SISTEKO.si, 2024)

Prednosti PI cevi:

- izredno gladka notranja površina kanalizacijske cevi,
- nizka teža,
- trdnost,
- neprepustnost,
- preprosto spajanje,
- visoka obstojnost proti obrabi,
- neobčutljivost na mraz in vročino,
- velika trpežnost in statična obremenljivost,
- dolga življenjska doba,
- so zelo odporne na kemikalije, UV svetlobo in korozijo, zaradi česar imajo daljšo življenjsko dobo tudi v zahtevnejših pogojih, kot so podzemni ali izpostavljeni cevovodi,
- prenašajo višje temperature in tlake, kar jih naredi primerne za zahtevnejše industrijske pogoje, ojačani poliestri (GRP) lahko delujejo pri temperaturah do 120 °C ali več, odvisno od specifikacij.

Slabosti PI cevi:

- cena (zelo drage),
- težja montaža zaradi teže cevi

Zaradi odpornosti na kemikalije in UV svetlobo se večinoma uporabljajo v industriji ter v kemičnih in farmacevtskih obratih, najpogosteje za prenos odpadne vode. Veliko se uporabljajo tudi v okoljih, kjer sta prisotni visoka mehanska obremenitev in možnost kemičnega vpliva. Zaradi večje mase in robustnosti so idealne za dolgotrajne instalacije v zahtevnejših pogojih. Vgrajujejo se v kanalizacijske sisteme za odvajanje odpadnih in padavinskih voda, v gasilne sisteme, v hidroelektrarne, v industrije za tehnološke tekočine ter za kemične in druge industrijske odplake, v sisteme za razsoljevanje morske vode, v namakalne sisteme ter v omrežja pitne vode in deževnice (SISTEKO.si, 2024).

Poliestrske cevi so dražje od ostalih vrst cevi, tudi PVC cevi, predvsem zaradi trpežnosti, daljše življenjske dobe in odpornosti na zahtevne pogoje, a dolgotrajno lahko prinašajo prihranke, saj

prinašajo manjšo potrebo po vzdrževanju in zamenjavi. Cena poliestrske cevi je okrog 43 EUR/m brez DDV.

7.3 H3: Uporaba poliestrskih cevi namesto klasičnih PVC cevi je bolj trajnostna rešitev; z njihovo uporabo obnovo sistema odvodnjavanja prestavimo za 5 let

Obe vrsti cevi morata zagotavljati dovolj dolgo življenjsko dobo cevi, posledično pa tudi celotnega projekta, v katerem so vgrajene. PVC cevi so stroškovno učinkovite in preproste za namestitve, zaradi česar so dobra izbira za lažje in manj zahtevne kanalizacijske sisteme, kot so stanovanjske napeljave ali manj obremenjeni cevovodi. Poliestrske cevi zaradi večje odpornosti in trpežnosti ponujajo prednosti v industrijskih in bolj obremenjenih okoljih, kjer so visoka temperatura, kemijska odpornost in dolga življenjska doba ključni dejavniki.

Hipotezo želim preveriti z informacijami, pridobljenimi od proizvajalcev ene in druge vrste cevi, na osnovi njihove življenjske dobe. Namreč, če je cev obstojnejša, je njena življenjska doba s tem daljša in bo celoten sistem, upoštevajoč zgolj cevi, zdržal dalj časa, njegova obnova pa se bo tako prestavila. Tukaj moramo zanemariti vse druge člene sistema odvodnjavanja, ki niso predmet diplomskega dela.

Življenjska doba PVC cevi je običajno med 40 in 70 leti, odvisno od več dejavnikov, kot so kakovost materiala, uporaba cevi, izpostavljenost UV sevanju, temperaturi ter tlakom. PVC cevi veljajo za izjemno trpežne in odporne, medtem so poliestrske cevi nekoliko manj občutljive na zunanje vplive in narejene iz nekoliko bolj trpežnih materialov. Njihova predvidena življenjska doba naj bi bila tako med 50 in 100 leti.

Tabela 6: Prikaz razlike v življenjski dobi med PVC cevmi in poliestrskimi cevmi

Vrsta cevi	Življenjska doba	
PVC cevi	Okrog 50 let (pogoj: ustrezna vgraditev cevi)	
Poliestrške cevi	Okrog 70 let (pogoj: ustrezna vgraditev cevi)	
	Razlika	20 let

Vir: (Lastni vir)

Ugotovimo, da sta obe vrsti cevi izjemno vzdržljivi in odporni ter imata ob ustreznem vgrajevanju cevi izjemno dolgo življenjsko dobo. Posledično bodo cevi zdržale dalj časa in ne bo potrebna njihova zamenjava. Stroški popravil bodo manjši, manjša bo verjetnost za težave, povezane s cevmi. Vendar je življenjska doba obeh vrst cevi v veliki meri odvisna od dejavnikov, ki lahko vplivajo nanje, zato življenjsko dobo cevi izjemno težko napovemo. Na našem projektu, kjer ni velike prisotnosti kemikalij in kemičnih snovi ter strupenih tekočin, ki bi lahko vplivale na cevi, bi tako ohranila PVC cevi, saj so cenovno ugodnejše kot poliestrske. Vendar imajo poliestrske cevi veliko daljšo življenjsko dobo v specifičnih okoljih, kjer je velika prisotnost kemikalij. Glede na podatke in kot odgovor na zastavljeno hipotezo ugotovim, da imajo poliestrske cevi 20 let daljšo življenjsko dobo kot PVC cevi. To pomeni, da je uporaba poliestrskih cevi res bolj trajnostna rešitev in da z njihovo uporabo obnovo sistema odvodnjavanja prestavimo ne le za 5, temveč za 20 let.

8 USTREZNA IZVEDBA NAKLONOV CESTIŠČA ZA UČINKOVITO ODVODNJAVANJE

Ustrezna izvedba naklonov cestišča je ključnega pomena za učinkovito odvodnjavanje, saj omogoča, da voda pravilno odteka v točno določene smeri in na točno določene lokacije ter se tako hitro in učinkovito odvaja z vozišča. Tako preprečimo nabiranje in zastajanje vode na vozišču ter posledično tveganje za erozijo in poškodbe cestišča. Z ustreznimi nakloni omogočamo usmeritev vode proti robu ceste, kjer lahko odteče v odvodne sisteme. Premajhni, neustrezni ali neenakomerni nakloni lahko povzročijo nabiranje vode na določenih delih ceste. Točno določeni nakloni za posamezno vrsto cest in drugi posebni pogoji so zapisani v Pravilniku o projektiranju cest.

8.1 H4: Umetna inteligenca pripomore k dvakrat hitrejšemu izračunu potrebnih naklonov in dolžin, ki jih potrebujemo za učinkovito odvodnjavanje

Umetna inteligenca je področje računalništva, ki se ukvarja z razvojem sistemov in tehnologij, ki posnemajo ali simulirajo človekove sposobnosti. Dandanes je prisotnost umetne inteligence vedno večja na vseh področjih človekovega delovanja.

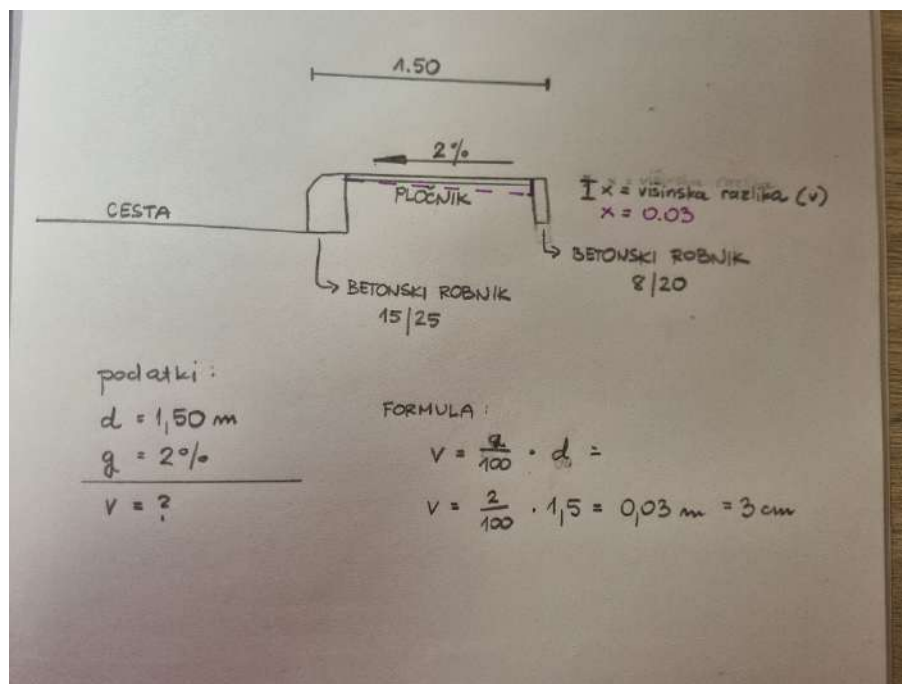
Tudi v gradbeništvu je prisotnost umetne inteligence in z njo povezanih tehnologij velika. Pripomore na več področjih delovanja, predvsem olajša in pohitri delo. Tudi pri izgradnji sistemov odvodnjavanja in gradnji cest prinaša prednosti in tehnologije, s katerimi si lahko pomagamo.

Pri učinkovitem odvodnjavanju so izjemno pomembni nakloni ceste, da voda pravilno odteka. Človek za izračun ustreznih naklonov porabi veliko časa, poleg tega lahko napravi napako. Že nekaj časa so prisotni računalniški programi, ki pripomorejo k izračunu ustreznih naklonov in dolžin ter tako prihranijo čas, zmanjšajo pa tudi možnost za napake. Z umetno inteligenco naj bi prav tako zmogli opraviti izračun naklonov in dolžin, potrebnih za učinkovito odvodnjavanje. V zastavljeni hipotezi predvidevam, da umetna inteligenca pripomore k dvakrat hitrejšemu in natančnejšemu izračunu. Hipotezo bom skušala dokazati na osnovi ročno izvedenega izračuna potrebnega naklona pločnika, na osnovi primera iz karakterističnega prečnega prereza A-A, B-

B (priloga 2) v primerjavi z uporabo umetne inteligence. V obeh primerih bom merila čas, potreben za izračun zelenega podatka. Na koncu bom časa primerjala in izračunala, kolikšna je razlika.

8.1.1 Ročni izračun

PRIMER 1: Izračun potrebne višinske razlike



Slika 20: Skica in izračun višinske razlike na primeru pločnika – ročno

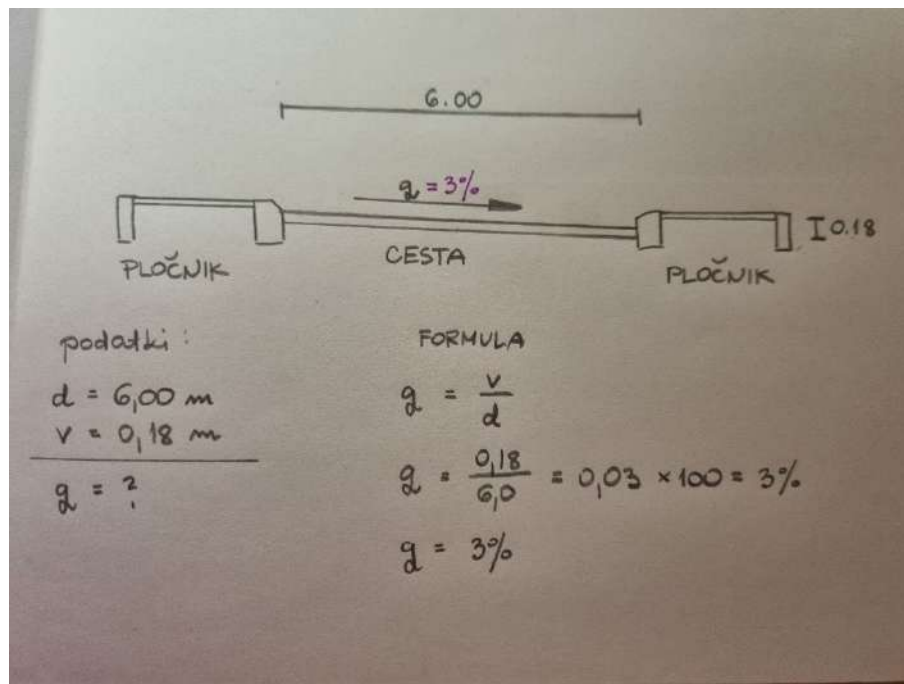
Vir: (Lasten vir)

Izračun nam pove, da mora biti zunanji rob pločnika 0,03 m ali 3 cm višji od notranjega roba pri cestišču.

Za izračun, vključno z izdelavo skice ter iskanjem potrebne formule za izračun, sem porabila 7 min 18 s.

PRIMER 2: Izračun naklona ceste

Na terenu sem z laserskim nivelirjem izmerila višinsko razliko ceste in dolžino ceste. Pridobila sem podatek, da je višinska razlika med enim in drugim delom ceste 18 cm. Cesta je širine 6 m. Na osnovi teh podatkov sem izračunala naklon ceste.



Slika 21: Skica in izračun naklona na primeru ceste – ročno

Vir: (Lasten vir)

Izračunala sem, da je naklon ceste 3 %. Čas, ki sem ga potrebovala, da sem narisala skico in izračunala potreben podatek, je bil 5 min in 40 s.

8.1.2 Izračun z umetno inteligenco

PRIMER 1: Izračun potrebne višinske razlike

Za izračun s pomočjo umetne inteligence sem uporabila spletno stran chatgpt.com. V brskalniku sem zastavila vprašanje, v katerem sem navedla enake podatke kot pri ročnem izračunu. Odgovor in izračun sta prikazana spodaj.

izračunaj potrebno višinsko razliko, če je dolžina 1,5m in naklon 2% z izračunom

🌀 Za izračun potrebne višinske razlike pri dolžini 1,5 m in naklonu 2%, uporabimo naslednjo formulo:

$$\text{Višinska razlika} = \text{dolžina} \times \left(\frac{\text{naklon}}{100} \right)$$

Podatki:

- Dolžina = 1,5 m
- Naklon = 2%

Zamenjamo v formulo:

$$\text{Višinska razlika} = 1,5 \text{ m} \times \left(\frac{2}{100} \right)$$

$$\text{Višinska razlika} = 1,5 \text{ m} \times 0,02 = 0,03 \text{ m}$$

Rezultat: Potrebna višinska razlika je 0,03 m ali 3 cm.

🗨️ 📄 🌟 🗑️ ↻

🗨️ Message ChatGPT



ChatGPT can make mistakes. Check important info.

Slika 22: Prikaz izračuna višinske razlike s pomočjo umetne inteligence

Vir: (Lastni vir)

Za izračun je umetna inteligenca potrebovala 10 sekund in 9 stotink, kar zakrožimo na 10 s.

PRIMER 2: Izračun naklona ceste

V tem primeru sem želela izračunati naklon ceste. Tako kot pri prejšnjem primeru sem postavila vprašanje in merila čas, ki ga bje umetna inteligenca potrebovala za odgovor. Odgovor je prikazan spodaj.

Naklon ceste izračunamo s pomočjo formule za naklon (ali strmino), ki je razmerje med višinsko razliko in horizontalno dolžino. V tem primeru imamo:

- Višinska razlika: 0,18 m
- Širina ceste (horizontalna dolžina): 6 m

Formula za naklon je:

$$\text{Naklon} = \frac{\text{Višinska razlika}}{\text{Horizontalna dolžina}} \times 100$$

Torej:

$$\text{Naklon} = \frac{0,18 \text{ m}}{6 \text{ m}} \times 100 = 3\%$$

Naklon ceste je 3 %.

Slika 23: Prikaz izračuna naklona s pomočjo umetne inteligence

Vir: (Lasten vir)

Rezultat je bil enak kot pri izračunu, ki sem ga opravila ročno. Umetna inteligenca je za pridobitev rezultata potrebovala 8 sekund in 18 stotink (8 s).

8.1.3 Izračun razlike v času

V tabeli sem prikazala porabljene čase, potrebne za izračun. Za dokaz hipoteze sem uporabila povprečno vrednost časov v obeh primerih in rezultat prikazala spodaj v tabeli.

Tabela 7: Prikaz časov, potrebnih za izračun in razmerja med njimi

	ROČNI IZRAČUN t (s)	UMETNA INTELIGENCA t (s)	RAZLIKA (s)	RAZMERJE
PRIMER 1	438	10	428	43,8-krat
PRIMER 2	340	8	332	37,8-krat
POVPREČEN ČAS	369	9	360	41-krat

Vir: (Lasten vir)

Glede na prikazano in razliko v porabljenem času, hipotezo ovržem. Umetna inteligenca res pripomore k hitrejšemu izračunu naklonov in dolžin, vendar je ta čas veliko hitrejši kot dvakrat. Čas izračuna je odvisen od težavnosti izračuna in števila podatkov, ki jih imamo na razpolago. Težji kot so izračuni, več komponent je treba izračunati, več časa je potrebnega za izračun ter hkrati je tudi večja možnost napak. Predstavila sem dva primera izračuna. Izmerila sem čas, ki sem ga za izračun porabila sama ter čas umetne inteligence. Vzela sem povprečen čas obeh izračunov in dobila razmerje med ročnim (človeškim) izračunom ter izračunom umetne inteligence. Rezultat je pokazal, da je bila umetna inteligenca 41-krat hitrejša od ročnega izračuna.

V času moderne tehnologije, ki se vsak dan razvija, je ta dobrodošla in prinaša pozitivne rezultate na področju matematike, gradbeništva in vseh ostalih področjih. Menim, da je umetna inteligenca, ki jo poznamo danes, posodobitev že znanih računalniških programov, s katerimi si pri izračunih pomagamo že dalj časa, tudi v gradbeništvu. Je zbir vsega na enem mestu in veliko pripomore, predvsem pri prihranku časa, saj omogoča izjemno hiter način pridobitve formul, izračunov ter obrazložitev pri vprašanjih, ki jih postavi človek. Njena natančnost je še vedno vprašljiva. Zato je najbolje uporabiti skupek vsega, kar vedo človek, računalniški programi in umetna inteligenca, saj lahko le tako pridemo do pravilnega rezultata, ki je na koncu najpomembnejši.

9 SKLEP

Pisanje diplomskega dela je izjemno zahtevna naloga, ki prinese dodatna znanja in izkušnje. Svoje znanje sem skozi pisanje diplomskega dela poglobila do te mere, da bi lahko samostojno reševala probleme v zvezi z odvodnjavanjem in bi bila pri odločitvah bolj suverena.

Skozi pisanje diplomskega dela sem poglobila svoje znanje o odvodnjavanju ceste in pločnika, pomenu odvodnjavanja, sistemih odvodnjavanja ter pomenu rednega vzdrževanja. Primerjala sem za odvodnjavanje meteorne vode velikokrat uporabljene PVC cevi z nekoliko manj znanimi poliestrskimi, spoznala razlike med njimi, prednosti in slabosti enih in drugih. Bolje sem spoznala tudi ozadje in posledice neustreznega odvodnjavanja ter kako jih rešiti. Pri izgradnji ceste se je treba osredotočiti tudi na potrebne naklone. Ugotovila sem, da nam v veliki meri lahko pri izračunih v pozitivnem smislu pomaga umetna inteligenca, ki bo imela po mojem mnenju, tako kot na drugih področjih, tudi v gradbeništvu kmalu vse večji pomen.

Skozi diplomsko delo sem želela pridobiti čim več ustreznih podatkov, ki bi mi pomagali potrditi ali ovreči zastavljene hipoteze. Moje ugotovitve so naslednje:

H1: Z ustreznim odvodnjavanjem zmanjšamo erozijo in poškodbe cestne površine, kar bo zmanjšalo potrebo po rednem vzdrževanju in popravilih cest ter s tem tudi prihranilo stroške vzdrževanja. Hipoteza je **potrjena** na osnovi izračunov stroškov izgradnje sistema odvodnjavanja in stroškov sanacije cestne površine (na projektu izgradnje prehoda za pešce na R3 711 odsek 9013 Rače–Kungota–Kidričevo) zaradi neustreznega odvodnjavanja. Na osnovi izračunov dokažemo, da z urejenimi sistemi odvodnjavanja omogočimo ustrezno odtekanje vode. Posledično voda ne more povzročati tolikšnega vpliva na erozijo ter poškodb cestne površine, zaradi česar je vzdrževalnih del, kot so sanacije razpok, polnjenje lukenj in ureditev bankin, veliko manj in stroški so zato nižji. Dolgoročno to pomeni manjša sredstva za popravila in trajnejšo infrastrukturo, saj tako preprečimo prezgodnje in nepotrebno poslabšanje infrastrukture.

Glede na ugotovljeno menim, da bi moral biti cilj investitorjev vlagati v kompleksne sisteme odvodnjavanja, saj se na tak način lahko prihranijo stroški, ki nastanejo kot posledica zastajanja vode, če je odvodnjavanje neustrezno ali neurejeno. V takem primeru moramo biti pripravljeni najprej na manjša in kasneje na veliko večja sanacijska dela ter posledično na velike stroške sanacij, ki ne bi bili potrebni, če bi bilo odvodnjavanje urejeno.

H2: Odvodnjavanje z vtočnimi robniki in jaški je za 20 % bolj ekonomsko racionalno v primerjavi z drugimi sistemi odvodnjavanja. Hipotezo ovržem na osnovi primerjave stroškovne izvedbe sistema odvodnjavanja z vtočnimi robniki in jaški ter sistema odvodnjavanja z ACO KerbDrain modulnimi robniki za linijsko odvodnjavanje. Na osnovi izračunanega ugotovim, da bi bila izvedba modulnih robnikov dražja kot dejansko izveden sistem odvodnjavanja na projektu. Tako je odvodnjavanje z vtočnimi robniki in jaški najbolj ekonomsko in racionalno ustrezen rešitev za projekt, vendar je moje predvidevanje, da je to za 20 % bolj ekonomično, napačno. Na osnovi izračunanega namreč ugotovim, da je veliko bolj ekonomično, in sicer za 42 %.

Vsak sistem odvodnjavanja je primeren za različne projekte, zato je pri izbiri vedno treba proučiti, katerega izbrati, da bo najprimernejši in ekonomsko najbolj racionalen. Primerjava sistemov odvodnjavanja je nekoliko težja, saj nimajo vsi enakih sestavnih komponent. Posledično sem primerjavo izvedla na enem projektu in tam primerjala izvedbo dveh različnih sistemov in stroške njune izdelave.

H3: Uporaba poliestrskih cevi namesto klasičnih PVC cevi je bolj trajnostna rešitev; z njihovo uporabo obnovo sistema odvodnjavanja prestavimo za 5 let. Hipotezo ovržem, saj sem na osnovi pridobljenih podatkov pri pooblaščenih proizvajalcih pridobila potrebne podatke o življenjski dobi obeh vrst cevi in na osnovi teh ugotovila, da z uporabo poliestrskih cevi obnovo kanalizacijskega sistema prestavimo za 20 let in so tako bolj trajnostna rešitev kot PVC cevi za meteorno odvodnjavanje, vendar posledično obnovo podaljšamo za 20 let in ne samo za 5 let.

Vse cevi morajo biti pravilno vgrajene, da lahko ohranimo njihovo trajnost. Prav tako je pomembno skladiščenje cevi. Natančno življenjsko dobo cevi in posameznega materiala težko določimo; v veliki meri je odvisna od kakovosti izdelave in drugih zunanjih vplivov.

H4: Umetna inteligenca pripomore k dvakrat hitrejšemu izračunu potrebnih naklonov in dolžin, ki jih potrebujemo za učinkovito odvodnjavanje. Hipoteza je ovržena, saj sem na osnovi primerjave ročnega izračuna in izračuna s pomočjo umetne inteligence prišla do ugotovitve, da je umetna inteligenca veliko hitrejša pri izračunu potrebnih naklonov in dolžin. Na osnovi specifičnega primera sem prišla do ugotovitve, da ni zgolj dvakrat hitrejša, temveč je hitrejša 41-krat. Do tega pride, ker je umetna inteligenca že danes na izjemno visoki ravni. Pri izračunih in odgovorih je zasnovana na osnovi računalniških programov in spleta. Človek svoje znanje še vedno črpa iz podatkov iz knjig in spleta, vendar za iskanje porabi veliko več

časa. Velik problem predstavlja tudi možnost za napake, saj se v dolgih izračunih s kompleksnimi formulami lahko človek hitreje zmoti. Tudi umetna inteligenca dopušča napake, vendar je verjetnost zanje veliko manjša.

Menim, da je najbolje, da pri izračunih zmanjšamo možnost za napake, tako da uporabimo vse dejavnike, ki omogočajo izračun – ročnega, računalniške programe in umetno inteligenco hkrati.

Glede na vsa spoznanja ugotavljam, da je najpomembneje, da poznamo projekt, ki ga izvajamo, si vzamemo čas in proučimo vse zunanje dejavnike, vse postopke, vse možne scenarije in možnosti, saj na koncu to prinese znanje, potrebno kasneje pri izgradnji projekta in izbiri tehnik, tehnologij, materialov in postopkov, ki so potrebni v posameznem projektu.

10 VIRI, LITERATURA

- ACO.si.* (november 2024). Pridobljeno iz [www.aco.si](https://www.aco.si/proizvodi/linijsko-odvodnjavanje/kerbdrain/): <https://www.aco.si/proizvodi/linijsko-odvodnjavanje/kerbdrain/>
- Environmento.com.* (10. junij 2021). Pridobljeno iz Erozija: <https://sl.environmentgo.com/vrste-vplivov-erozije-na-okolje/>
- GOV.si.* (13. april 2023). Pridobljeno iz Vzdrževanje cest: <https://www.gov.si teme/vzdrzevanje-cest/>
- Hauraton.si.* (november 2024). Pridobljeno iz Sistemi za odvodnjavanje: <https://www.hauraton.com/si/znanje/sistemi-za-odvodnjavanje/>
- JARC.si.* (november 2024). Pridobljeno iz Betonske cevi in drugi betonski izdelki Jarc: <https://www.jarc.si/betonske-cevi/>
- Kranjc, U. (2018). *Poplavna ogroženost urbanih območij s padavinskimi vodami – konceptualni izziv izvedbe potrebnih ukrepov.* Pridobljeno iz www.mvd20.com: <https://www.mvd20.com/LETO2018/R2.pdf>
- LOS.si.* (13. februar 2023). Pridobljeno iz Točkovno odvodnjavanje meteorne vode: <https://www.sejemlos.si/tockovno-odvodnjavanje-meteorne-vode/>
- Oberžan, T. (november 2024). *Razmišljanja o ravnanju s padavinskimi vodami na urbaniziranih območjih.* Pridobljeno iz www.ekologika.si: <https://www.ekologika.si/?p=211>
- PIPELIFE.si.* (2024). Pridobljeno iz PVC cevi: <https://www.pipelife.si/nizkogradnja/odpadna-voda/pvc-cevi.html>
- PIPELIFE.si.* (2024). Pridobljeno iz PE cevni sistem: <https://www.pipelife.si/nizkogradnja/odpadna-voda/pe-cevi.html>
- PISO. (november 2024). *PISO.* Pridobljeno iz www.geoprostor.si: <https://www.geoprostor.net/piso/login.asp?eprm=D819319E9F0A2453CB4F0FDC6B8B5ECC906B9B0D5C9AD4742896F96F4C12139336CF97A33F7D573FC42B51F196F05EAFE3EFF63CB4893D9D43EFAD35C402E8522B6BE935B612CAC09C6D8F74FBE5FC3B9F866BB3A59341476C9A016277D617469E8E0A9717916CBD>

- PISRS.si*. (16. junij 2016). Pridobljeno iz Pravilnik o rednem vzdrževanju javnih cest (Ur. l. RS, št. 38/16 in 132/22 – ZCes-2): <https://pisrs.si/pregledPredpisa?id=PRAV12581>
- PREDAN d. o. o. (september 2024). Končni obračun del – Projekt izgradnje prehoda za pešce v Račah.
- Project Infrastructure. (4. november 2024). *Types of Drainage Systems*. Pridobljeno iz projectinfrastructure.com: <https://projectinfrastructure.com/drainage-systems/>
- SISTEKO.si*. (november 2024). Pridobljeno iz Poliestrske cevi: <https://sisteko.si/poliestrskecevi/>
- TIURB d. o. o. (februar 2024). Prehod za pešce na R3 711 odsek 9013 Rače–Kungota–Kidričevo v km 1+214,00. *IzN 25/2021*. Maribor.
- Žitnik, D., Žitnik, J., Berdajs, A., Slak, T., Gruden, T., Vratuša, S., & Galonja, S. (2012). *Gradbeniški priročnik* (peta, dopolnjena izd.). Tehniška založba Slovenije.

11 PRILOGE

PRILOGA 1: Pregledna situacija (Prehod za pešce na R3 711 odsek 9013 Rače–Kungota–Kidričevo v km 1 + 214,00) – umestitev projekta v območje

PRILOGA 2: Karakteristični prerez A-A, B-B (Prehod za pešce na R3 711 odsek 9013 Rače–Kungota–Kidričevo v km 1 + 214,00)