УТИЦАЈ ПУТНЕ ИНФРАСТРУКТУРЕ НА ЖИВОТНУ СРЕДИНУ – ПОДЗЕМНЕ И ПОВРШИНСКЕ ВОДЕ

Сања Фриц[1], дипл.грађ.инж.
[1] Доцент, Универзитет у Београду - Грађевински факултет
Владан Илић, дипл.грађ.инж.
Доцент, Универзитет у Београду - Грађевински факултет
Дејан Гавран, дипл.грађ.инж.
Ванредни професор, Универзитет у Београду - Грађевински факултет
Филип Трпчевски, дипл.грађ.инж.
Истраживач - сарадник, Универзитет у Београду - Грађевински факултет
Стефан Врањевац, дипл.грађ.инж.
Доцент, Универзитет у Београду - Грађевински факултет
Милош Лукић, дипл.грађ.инж.
Асистент, Универзитет у Београду - Грађевински факултет
Никола Миловановић, дипл.грађ.инж.
Асистент, Универзитет у Београду - Грађевински факултет

Резиме: *Неспорно је да развој путне инфраструктуре са собом носи бројне бенефите, али исто тако је немогуће избећи и бројне негативне утицаје на животну средину у целости. У оквиру овог рада биће дата анализа утицаја пута на подземне и површинске воде. Под анализираним утицајима подразумевају се утицаји од пута генерално, од примењене врсте коловозне конструкције, начина одржавања путева, али и услова присутних у саобраћајном току. У раду ће бити приказан и начин транспорта полутаната који спирањем са коловозне конструкције, преко подземних и површинских вода, доспевају у биљни и животињски свет, па и на само становништво у целини. Након идентификације појединачних критичних ситуација, биће дате мере за редукцију негативних утицаја кроз планирање специфичних система за одводњавање, начина површинског и подземног одводњавања, али и начина филтрације отпадне воде потекле отицањем са коловозне површине.*

Кључне речи: *путна инфраструктура, негативни утицај, површинске и подземне воде, одводњавање, мере, редукција*

IMPACT OF ROAD INFRASTRUCTURE ON THE ENVIRONMENT – UNDERGROUND AND SURFACE WATER

Sanja Fric[1], C.E.
[1] Assistant Professor, University of Belgrade – Faculty of Civil Engineering
Vladan Ilic, MSc.E.
Assistant Professor, University of Belgrade – Faculty of Civil Engineering
Dejan Gavran, C.E.
Asocciate Professor, University of Belgrade – Faculty of Civil Engineering
Filip Trpcevski, MSc.E.
Research Assistant, University of Belgrade – Faculty of Civil Engineering
Stefan Vranjevac, MSc.E,
Assistant Professor, University of Belgrade – Faculty of Civil Engineering
Milos Lukic, MSc.E.
Teaching Assistant, University of Belgrade – Faculty of Civil Engineering
Nikola Milovanovic, MSc.E.
Teaching Assistant, University of Belgrade – Faculty of Civil Engineering

Abstract: *It is undeniable that the development of road infrastructure brings with it numerous benefits, but it is also impossible to avoid numerous negative impacts on the environment in general. Within this paper, an analysis of the impact of the road infrastructure on underground and surface water will be given. The analyzed influences mean the influences from the road in general, from the applied type of pavement structure, the way of road maintenance, but also the conditions*

[1] Autor zadužen za korespodenciju: sfric@grf.bg.ac.rs

present in the traffic flow. The paper will also show the method of transport of pollutants that wash off the pavement, through underground and surface waters, reach the plant and animal world, and even the population in general. After identifying individual critical situations, measures will be given for reducing negative impacts through the planning of specific drainage systems, methods of surface and underground drainage, as well as methods of filtration of waste water originating from road surface runoff.

Keywords: *road infrastructure, negative impact, surface and underground water, drainage, measures, reduction*

1. УВОД

Вода заузима три четвртине Земљине површине и представља основни предуслов за живот свих живих бића. Приближно 99,5% воде на Земљи припада великим морским пространствима, а свега 0,5% припада копненим водама. За нормалан живот свих живих бића, вода мора имати исправан хемијски састав и природне карактеристике.

Загађење воде је контаминација водених система путем директног или индиректног испуштања штетних материја у воду, без адекватног третмана за уклањање штетних једињења. У директне изворе загађења спадају индустријске отпадне воде, комуналне отпадне воде, водени саобраћај, хаварије и судари бродова, услед чега најчешће долази до изливање нафте и нафтних деривата директно у водене токове.

У индиректне изворе загађења спадају пољопривреда, сточарство итд. Загађење воде може бити хемијско, физичко и биолошко. Самим тим, постоје и различити критеријуми за одређивање квалитета (односно загађености) воде, који се контролише физичким, хемијским, биолошким, бактериолошким, вирусолошким и радиолошким поступцима за анализу.

Сви загађивачи вода могу се поделити на концентрисане (тачкасте) и дифузне (расуте). Концентрисани извори загађења воде су урбане средине, рударски комплекси, пољопривредни објекти и генерално објекти у којима се одвијају разне врсте делатности.

Дифузне изворе загађења вода није тако лако утврдити, нити израчунати њихов укупни допринос општем загађењу вода, али су веома значајни јер им је квантитативни и квалитативни раст евидентан. У расуте загађиваче спадају хемизација земљишта пестицидима и минералним ђубривима, дивље неуређене депоније индустријског и комуналног отпада, атмосферске падавине – киселе кише, али и саобраћај.

2. ПУТ КАО УТИЦАЈНИ ФАКТОР

Путеви и друмски саобраћај на комплексан начин утичу на животну средину. Док истовремено служе за превоз људи и робе, путеви ангажују значајан проценат расположивог земљишта и тако формирају баријере за кретање људи, животиња и воде у постојећој животној средини. Загађивачи са пута се углавном преносе преко површинског отицања и ваздушним кретањем, али и филтрацијом кроз сам коловоз пута. Доста загађивача ипак остаје дужи временски период у близини пута, где се акумулира у води, вегетацији, земљишту и животињском свету.

Иако није на врху листе загађивача воде, путна инфраструктура и саобраћај у значајној мери доприносе овом проблему. Велика количина токсичних полутаната спирањем са коловоза доспева у отпадне воде. Саобраћај на путевима загађује водоносно подручје на два начина – константно и у изузетним случајевима. Константно загађење воде зависи од саме путне конструкције, уграђеног материјала, присутног саобраћаја на путу, а који обухвата емисију издувних гасова, врсту горива, тип гума и кочница, типа меродавних возила која саобраћају путем (лака и тешка возила), односно структуре саобраћајног тока, али и од различитих поступака који се примењују у одржавању путева.

Обим загађења зависи од структуре и густине саобраћаја и од карактеристика самог коловоза. Загађење у изузетним случајевима настаје као резултат ванредног догађаја, које је често резултат саобраћајне несреће, али ипак може имати изузетне последице по околину.

Слика 1. Спирање штетних материја са коловоза под утицајем кишних падавина без адекватне заштите

2.1. Утицај материјала уграђених у путну конструкцију

Материјали уграђени како у коловозну конструкцију, тако и у труп самог пута, могу бити извори загађивача који доспевају у животну средину путем испирања, отицања или путем ваздуха.

Количина загађивача која доспева у околину у великој мери варира у зависности од врсте уграђених материјала у различитим слојевима, типа, стања и отпорности површинског слоја на хабање, површине која је изложена испирању, као и pH и осталих физичких и хемијских карактеристика процедне воде. Испирање загађивача из савремених врста битумена који се користе у асфалтним слојевима коловозне конструкције је углавном ниско.

Као замена или додатак природним агрегатима, разне врсте секундарних материјала могу се користити приликом пројектовања путева. Неки од најчешће коришћених секундарних или произведених материјала укључују:

- Уситњени асфалт, бетон и цигла (потеклих од старих коловозних конструкција и срушених зграда);
- Стена или тло потекло минирањем;
- Нуспроизводи металуршких процеса, као што је шљака;
- „Летећи пепео“ потекао од производње електричне енергије сагоревањем угља.
- Други индустријски нуспроизводи као што је пепео настао спаљивањем чврстог комуналног отпада.

Хабање коловоза нижег квалитета је веће и узрокује емитовање високе концентрације честица у ваздух, које абсорбују остале загађиваче као што су тешки метали. Ове честице се приликом спирања услед кишних падавина абсорбују у тло, а самим тим и у подземне воде, или се сливају у површинске воде у близини. Пукотине у коловозу такође омогућавају транспорт загађујућих материја у облику честица.

Агрегати различитог порекла варирају по свом садржају тешких метала. Установљено је да, на пример, гранитни агрегати садрже већу концентрацију тешких метала у односу на порфир – кад се узме у обзир

ова разлика у концентрацији, у комбинацији са мањим отпором на хабање, то резултује веће ослобађање бакра, хрома и цинка него што је то случај код порфира.

Нагомилавање прашине потекле од хабања гума током сувих зимских и пролећних дана дуж површине коловоза, такође доводи до повећане концентрације честица у ваздуху.

2.2 Одржавање путева

Многе мере које се предузимају у оквиру одржавања и експлоатације путева уносе загађиваче у окружење путне инфраструктуре. Активности везане за одлеђивање леда спадају у најважније међу овим методама. Употреба натријум хлорида (NaCl), са додатком калијум фероцијанида (средство против згрушавања), је најраспрострањенија метода која се користи у ову сврху.

Пошто је тачка смрзавања слане воде на нижој температури од чисте воде, посипање соли на лед или снег убрзава процес топљења, што омогућава да путеви, у зимским условима, буду у релативно кратком временском периоду, оспособљени за саобраћај. Међутим, сва та со, на крају самог процеса отопљавања, се мора уклонити са коловоза, па тако и хемикалије за одмрзавање представљају значајан извор контаминације подземних и површинских вода. Након што се раствори и подели на јоне натријума и хлорида, со се преноси отицањем са коловоза и одлаже у површинске воде (потоке, језера и реке) али и подземне воде (Л2).

Слика 2. Расипање соли и скупљање исте на коловозу [Л2]

2.3 Утицај непосредног окружења пута

На транспорт загађујућих материја утиче и вегетација поред пута и њено одржавање. Густо и високо растиње у близини пута ће заробити загађиваче, смањити њихово ширење и акумулирати их у једном месту. Током пропадања биљака, загађивачи заробљени или скупљени у изданцима улазе у земљиште и доприносе акумулацији загађивача у присутни екосистем крај пута.

Шире посматрано, повишене концентрације соли могу смањити циркулацију воде у језерима и барама (со утиче на густину воде), спречавајући кисеоник да допре до нижих слојева воде. Такође, поред овог негативног ефекта, може ометати и природни састав воде, смањујући пре свега количину хранљивих материја.

У ужем смислу, високо концентрисана со за путеве може да дехидрира и убије дрвеће и биљке које расту поред путева, стварајући пустињске услове, у којима биљке много теже абсорбују воду, чиме им се директно смањује могућност за опстанак. У неким случајевима, осушени кристали соли могу привући дивљач на прометним путевима, повећавајући учесталост њиховог угинућа, ако последицу догађања потенцијалне саобраћајне незгоде.

Са друге стране, ако се снег предуго остави да се таложи дуж путева или ивица путева, без адекватне мере уклањања, он постаје засићен загађивачима од саобраћаја, нарочито кад су у питању оптерећене путне деонице. Загађени снег се временом отапа у воду засићену полутантима који се потом спирају у водене токове (Л2).

Слика 3. Снег и његово претварање у загађену воду

3. МЕРЕ ЗА ЗАШТИТУ ПОДЗЕМНИХ И ПОВРШИНСКИХ ВОДА

Мере заштите су ограничења или технички поступци и решења предвиђени за заштиту водних ресурса. Очување вода подразумева одговарајућу заштиту површинских и подземних вода, где приоритет има очување квалитета извора воде за пиће.

Мере превенције у фази пројектовања могу бити:

- пречишћавање вода са коловоза пре испуштања у природне токове,
- контролисано вођење бетонским каналима и дренажним системима, затворени системи одводњавања и сл.
- Приликом израде техничке документације и избора трасе пута обавезно је извршити испитивање како би се утврдило да ли траса пута пролази преко зона заштите изворишта воде за пиће, подручја која уживају било какав степен заштите природне средине, ресурса подземне воде, водотока или канала.
- У зависности од тога са којим водним ресурсима се траса пута укршта, потребно је прибавити услове за пројектовање од надлежних органа локалне самоуправе, заштите животне средине и водопривреде, који морају бити поштовани током израде техничке документације.

Мере превенције које се могу применити ***у фази изградње саобраћајнице***:

- избећи полагање трасе на потезима који су подложни ерозији, као што су потези са оштрим косинама,
- избегавати пресецање водотока и/или предвидети регулацију водотокова, у складу са могућностима (што је разматрана за оба варијантна коридора),
- у близини водотока користити само чисти материјал за насип, као што је шљунак, без примеса земље или других нечистоћа,
- оставити „буфер“ зоне формиране од биљног покривача између саобраћајнице и водних тела, посебан начин минирања да се не поремете подземни токови вода, одвоз вишка материјала и локација депонија вишка материјала,
- избор материјала за изградњу насипа који је физичко-хемијски стабилан и не угрожава подземне воде,
- планом извођења радова и детаљном разрадом технолошких поступака треба потпуно избећи могућност делимичног, а поготово потпуног засипања корита водотока,
- пројектом организације рада и уређења градилишта предвидети мере планског и сигурног прикупљања свих непотребних материја (отпадака), њиховог транспорта и одлагања на санитарну депонију, специјално, употребљене воде са градилишта прихватати сигурним системима канализације, скупљати у одговарајућим резервоарима и пречишћавати на прописани начин (било на лицу места, било на удаљеној локацији), пре испуштања у водене токове, и на крају
- техничким мерама – израдом подземних дренажних система – спровести пресечени ток подземних вода испод трупа пута/путног појаса.

3.1 Ефикасно одводњавање путева

Правилно и правовремено одводњавање коловоза је веома значајно за безбедно функционисање саобраћаја, док је истовремено адекватно одводњавање пута значајно за заштиту како подземних, тако и површинских вода.

Систем за одводњавање може се поделити на површинско одводњавање (подразумева јарке и отворене канале на површини земље) и дубинско (подземно) одводњавање – није директно повезано за површином (под утицајем гравитације вода се креће кроз порозни слој, сакупља и преноси у подземне цеви).

Отворени површински канали су фаворизовани и због њихове ниске цене (у односу на капацитет), једноставног одржавања па и рехабилитације, и што се, у условима када се не захтева пречишћавање кишног отицаја, могу користити исти канали за прихватање целокупног кишног отицаја. Оваква решења је немогуће применити за све рангове саобраћајница (нпр. оне код којих се захтева затворени систем одводњавања) а могу бити и неадекватна решења са аспекта безбедности саобраћаја на путевима.

Слика 4. Стрми отворени ровови и могуће последице

Систем за одводнавање се гради за потребе контролисаног прикупљања и одвођења кишног отицаја са коловоза, при појави меродавних падавина. Основни циљ је ефиксано одводњавање површине колвооза, што као пратећи ефекат има и повећање безбедности саобраћаја, имајући у виду да се саобраћај током падавина одвија отежано због формирања слоја воде на коловозу. Основни фактори који утичу на задржавање воде на коловозу и ширину плављења су попречни и подужни пад коловоза, растојање између сливника, интензитет кише и врста и храпавост саме коловозне конструкције.

Систем за одводњавање мора имати довољан капацитет за пропуштање меродаваног протока, а додатни услови који се постављају односе се на брзине тока и испуњеност протицајног профила.

Избор геометријских елемената трасе и типа коловозне површине од пресудног су значаја за одводњавање пута, па је о овим проблемима потребно размишљати већ у фази постављања трасе пута.

Поред повећања безбедности саобраћаја у условима падавина, додатни циљ јесте свакако и очување животне средине. То подразумева контролисано прикупљање и одвођење загађеног кишног отицаја и његово пречишћавање до захтеваног степена, пре испуштања у реципијент.

Систем за одводњавање се може поделити на део система који служи за прикупљање кишног отицаја са коловоза и на део система којим се прикупљени отицај одводи до места изливања и сам излив.

3.1.1 Површинско одводњавање

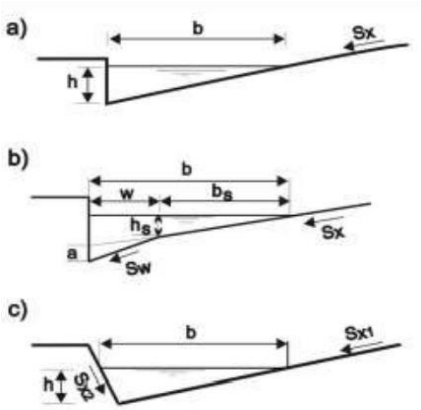
Систем површинске дренаже треба да елиминише сав ток кишнице са површине коловоза и косина пута, као и отицање са околног земљишта. Површински дренажни системи су такође важни за правилно управљање загађених отицаја и минимизирање негативних утицаја на животну средину.

Кишни отицај са коловоза се прикупља тако што се вода попречним и подужним падом коловоза усмерава да тече уз ивичњак до сливника где се, у зависности од пријемне способности и ефикасности сливника, део протицаја прихвати и уведе у систем за одвођење кишног отицаја (колектори и/или канали) и води до места изливања (Л3).

Постоји неколико типова сливника који су у стандардној употреби за прикупљање воде са коловоза:

- Сливници који се постављају уз ивичњак:
- отвори паралелни са ивичњаком;
- отвори управни на ивичњак,
- Сливници са отворима у ивичњаку;
- Комбиновани сливници.

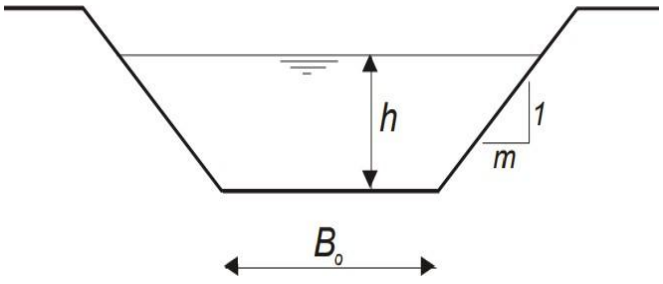
Површинско одводњавање атмосферских вода под дејством гравитације се изводи помоћу канала и ригола. Канал може да се употреби за одводњавање чистих и загађених атмосферских вода, које, уколико је то могуће, треба да буду раздвојене. Загађеном водом се сматра сва вода која отиче са коловозне површине. Отпадне воде са других локација (бензинске станице, мотели, итд.) не смеју бити прикључени на овакав систем одводњавања пута.



Слика 5. Различити типови ригола [Л5]

Када троугаони попречни пресек ригола није довољног капацитета, најефикаснији начин да се повећа његова пропусна способност и смањи ширина плављења је да се продубљивањем попречног пресека уз сам ивичњак формира ригол. Уобичајене вредности за ширину продубљеног дела попречног пресека (w) су 30-60 cm, а додатни нагиб (a/w) се усваја да износи 8-12%.

Канали за одводњавање који се примењују су најчешће трапезног попречног пресека, чија је геометрија дефинисана ширином у дну (Bo) и усвојеним нагибом косина (m). Почетна ширина канала се најчешће усваја да буде 30- 50 cm, а нагиб косина је условљен карактеристикама земљишта и усваја се у опсегу од m=1 до m=3.



Слика 6. Шематски приказ трапезног канала [Л6]

Дубина трапезног канала је, поред геометријских ограничења која зависе од трасе пута и топографије терена, условљена и ограничењем да канал мора бити постављен довољно ниско, да је у њега могуће

слободно изливање воде која се прикупља дренажним системом који се налази у коловозној конструкцији.

Дубина трапезног канала је, поред геометријских ограничења која зависе од трасе пута и топографије терена, условљена и ограничењем да канал мора бити постављен довољно ниско, да је у њега могуће слободно изливање воде која се прикупља дренажним системом који се налази у коловозној конструкцији.

Слика 7. Трапезни канал делом изграђен од бетона, а делом од камена зиданог у цементном малтеру, са боковима у нагибу 1:1 [Л7]

3.1.2 Дубинско одводњавање

За одвођење воде са путева често се користе затворени канали – колектори, где се цели протицајни профил налази у затвореној конструкцији која је потпуно укопана у земљу.

Дубинско (подземно) одводњавање подразумева системе подземних цеви и пропуста. Услови за систем цеви (врста и попречни пресек цеви, попречни пад) морају бити детаљно одређени пројектном документацијом и морају бити у складу са околностима у којима је њихова употреба предвиђена. Према правилу, систем цеви мора бити пројектован тако да се одводњавање очекиване воде изводи доминантно под утицајем гравитације. Вода тече кроз затворене колекторе гравитационо, а течење у опсегу пројектованих протока треба да буде са слободном површином. Најчешће примењивани облик колектора је кружног попречног пресека, а могу се користити и јајасти или други облици попречног пресека (Л3).

Минималне димензије су прописане због потребе инспекцијског прегледа, али и због чишћења и одржавања колектора. Уобичајено се прописује минимални пречник (кружни профил) од 300mm, док прикључци сливника на канале могу бити и мањих пречника.

Најмањи и највећи допуштени нагиб дна колектора прописује се како би се обезбедило да су брзине струјања у распону између минималних и максимално допуштених.

Минимални нагиби се прописују како би се обезбедила минимална потребна транспортна способност тока у циљу самоиспирања и спречавање таложења материја у колекторима. Максималне брзине тока (односно максимални нагиби колектора) се прописују како би се спречило хабање и оштећења објеката услед превеликих брзина тока.

Највећа брзина се ограничава на 3 m/s у пуном профилу, ако је канал скоро увек пун до врха или је дубина пуњења увек велика. Сматра се да ако вода стално тече кроз колектор овом брзином неће наступити штетно хабање. Ако се велика брзина само повремено остварује (најчешће је случај да се колектор пуни до врха само повремено), највећа брзина може бити и већа – до 5 m/s, највише 6 m/s. Дозвољава се да при меродавном протицају колектор буде потпуно испуњен водом.

Минимална дубина укопавања прописује се тако да буду задовољени следећи услови:

- Заштита од смрзавања – минимална дубина 0.8m до темена цеви у нашим климатским условима;

- Заштита од оштећења услед саобраћајног оптерећења: дубина укупавања цеви 1.0–1.5m (потребно је срачунати темено оптерећење цеви услед саобраћајног оптерећења у циљу избора дубине укопавања и ободне крутости цеви);

- Могућности гравитационог прикључења сливника, узводних колектора и пропуста.

Максимална дубина рова се ограничава због услова ископа и она зависи од карактеристика тла, висине подземних вода и технологије изградње. Уобичајено се она ограничава на око 7m (4-5m у случају високог нивоа подземних вода). Ако је из неких разлога потребно да дубине рова буду веће, онда се ове деонице колектора граде неком од метода тунелске градње. Системом цеви је потребно вршити одвојено одводњавање чистих и загађених атмосферских вода.

3.1.3 Заштита површинских вода и водоизворишта

Угроженост изворишта воде је ризик или опасност од загађења воде намењене пре свега за снабдевање становништва. Емисије загађујућих материја од саобраћаја са са путева представљају ризик и опасност од загађења за све стајаће воде и водене токове који су у директном контакту са путем или у зони путне инфраструктуре.

"Ризик" се дефинише као вероватноћа да ће се одређени нежељени догађај десити током извесног временског периода или током неке ванредне ситуације.

"Опасност од загађења" дефинише се као последица вероватноће нежељеног догађаја или као ниво штете изазване уколико дође до оваквог догађаја. Висока опасност присутна је тамо где су потенцијалне последице по водене токове значајне. Опасност од загађивања непосредне околине пута је последица три типа емисија, а то су трајне, инциденте и сезонске емисије.

Могуће је имати високу осетљивост подручја без ризика од загађења, уколико не постоји улив загађујућих материја и обрнуто – да постоји висок ризик од загађења упркос малој осетљивости средине, уколико је концентрација полутаната висока. Важно је направити јасну разлику између осетљивости водоносног подручја и ризика, јер је ризик од загађења одређен не само унутрашњим карактеристикама водоносног слоја (који су релативно статични и тешко променљиви), већ и од постојања потенцијално загађујућих активности (динамички фактори који у принципу могу бити измењени или контролисани).

Хидрогеолошка испитивања су неопходна за пројектовање заштите подземних вода од утицаја саобраћаја на путевима и морају бити саставни део геотехничких испитивања. Утицај загађивача зависи од:

- Хидрогеолошких карактеристика (углавном пропусности и порозности) тла и стена испод подземне воде, које се одређују на основу параметра повредивости водоносног слоја;
- Карактеристика водоносног слоја, које се одређују на основу параметра изложености извора воде.

У подручју на којем се налазе осетљива и умерено осетљива изворишта воде, одводњавање загађених вода из канала или система цевовода потребно је усмерити и одвести у одговарајуће колекторе. Међутим, треба имати у виду да у подручју у којем се налазе веома осетљива изворишта воде, није дозвољена изградња колектора.

Овакви колектори су предвиђени за механичко пречишћавање таложењем и задржавањем атмосферских вода које се сливају само са коловоза. С' обзиром да се проливене течности, које настају услед самог саобраћаја, као и друге проливене течности и супстанце загађених атмосферских вода одводе са пута у ове колекторе, таква вода је делимично и привремено задржана, а као резултат тога долази до смањења пребрзог истицања у испусни вод, проливено уље се задржава, а нечистоће тону.

Земљани колектори су неоходни :

- Пре одводњавања система цевовода у испусни вод

- Пре одводњавања система цевовода у стајаће воде (језера, акумулације);

- У подручјима осетљивих и умерено осетљивих изворишта воде. У случају осетљивог изворишта воде, механичко пречишћавање потребно је допунити биолошким пречишћавањем (задржавање воде у лагунама).

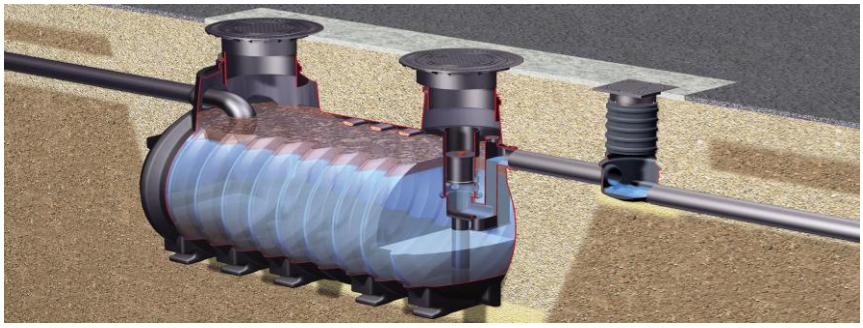
Пре одвода у испусни вод потребно је поставити сепаратор уља (угљоводоника) на излазу из резервоара.

Заштита површинских вода (река, канала, језера) генерално може укључити примену различитих мера и поступака, и треба да се базира на условима добијеним од надлежних органа водопривреде и заштите животне средине за сваку конкретну деоницу пута.

Заштиту површинских вода треба базирати на концепту захватања и делимичног третирања првог спирања (енгл. first flush), односно почетног отицаја кише са коловоза и других непропусних површина трасе.

Познато је да први отицај са непропусних површина са собом носи највећу количину загађења, док се квалитет отицаја након првог спирања побољшава. Преостали отицај, преко почетног отицаја, се преко одговарајућих преливних уређаја испушта у крајње реципијенте као условно чист, без пречишћавања.

Загађено прво сприрање (први отицај) треба подвргнути третману које укључује уклањање дела слободних уља, масти и суспензија. Ако се отицај испушта у осетљиве реципијенте, потребно је применити и додатне поступке пречишћавања који могу укључиити лагуне, филтрацију и др. У зонама где отицај са путева може имати директан негативан утицај на реципијенте, уређаји за захватање отицаја и уклањање уља треба да имају довољан капацитет за адекватан прихват и третман једнократног изливања загађујућих материја (нпр. уља, горива и сл.).



Слика 8. Сепаратор масти, уља и нафтних деривата [Л4]

3.1.3.1 Начини заптивања

Заптивање у подручју изворишта воде мора бити изведено тако да омогућава пасивну заштиту површинских и подземних вода од загађивања са пута. Основни елементи површинске конструкције за затварање су основа, заптивајући слој и заштитни слој.

Основа

Основа на коју се поставља заптивајући слој треба да буде изведена преко природног или вештачки насутог земљаног материјала. Сврха основе је да омогући квалитетно наношење заптивајућег слоја, умањи могућности оштећења заптивајућег слоја приликом наношења и обезбеди дугорочну стабилност заптивајуће конструкције.

Заптивајући слој

Заптивајући слој представља део заптивајуће конструкције која обезбеђује непропусност површина коју штити. Дебљина заптивајућег слоја зависи од врсте и квалитета материјала који се употребљава за затварање и строгости захтева за заштиту заштићеног подручја.

Основни материјал за запривање косина у свим режимима заштите представља глина, тј. природна глина која се добија ископавањем на траси или прерађена глина или друго кохерентно тло, побољшано чистом бентонит глином, тако да има исте карактеристике као и природна глина.

Заптивајуће траке које су прикладне као основни или помоћни материјали за заптивање косина су:

- Геомембране;
- Бентонит филц;
- Битуменске траке.

Уколико се употребљавају заптивајуће траке потребно је посебно обратити пажњу на контакт између заптивајуће траке и заштитног слоја, те да заштитни слој не склизне на контакту са заптивајућим слојем.

Заштитни слој

Заштитни слој представља онај део заптивајуће конструкције који штити заптивајући слој од негативних атмосферских утицаја, као и од оштећења или неког недостатка на заптивајућем слоју који могу проузроковати возила.

Материјали за израду заштитног слоја могу бити:

- природно тло и хумус;
- природно тло и камена облога;
- природно тло и цемент бетонски или други елементи.

Минимална дебљина заштитног слоја може да износи 30cm и зависи од захтева који се односе на заштиту заптивајућег слоја од оштећења које може произвести утицај возила. Потребну већу дебљину заштитног слоја одређује се на основу процене типичних климатских услова, посебно за сваки објекат.

3.1.4 Дренажни систем

Дренажни систем намењен је спречавању дотицања воде у труп пута и обезбеђивању како одводњавања пута, тако и снижења нивоа подземне воде.

За ову врсту одводњавање употребљавају се:

- плитке и дубоке подужне и попречне дренаже;
- вертикалне дренаже и дренажне бушотине.

Плитке и дубоке подужне и попречне дренаже могу се уградити на плануму ископа, набијеној глини, подложном слоју из цементног бетона. Вертикалне дренаже и дренажне бушотине могу бити бушене (са острањивањем језгра) или утиснуте.

Цеви за плитке и дубоке подужне и попречне дренаже могу бити полимерне (савитљиве и тврде) или из цементног бетона. Пресек цеви за дренаже може бити кружни или у облику тунела. Цеви морају бити перфориране. Полимерне дренажне цеви за дренаже морају одговарати захтевима за

- димензије: пречник цеви и дебљина зида;
- масу;
- распоред и површину дренажних отвора за воду;
- крутост.

Условљени минимални захтеви за особине дренажних трака морају се ускладити са условима геотехничког елабората. Изабрана дренажна трака мора бити опређељена на основу следећег општег описа концепта, врсте материјала и димензија. За дренажне траке треба употребити пуно или шупље језгро са ребрастим пресеком из полиетилена мале густине (ЛЗ).

4. ЗАКЉУЧАК

Неспорно је да улагање у путну инфратсруктуру са собом носи бројне позитивне ефекте на савремено друштво у целини. Међутим, пратећа појава оваквих инвестиција су свакако и, не тако мали, негативни ефекти на животну средину, који добрим делом долази од саобраћаја и структуре саобраћајног тока.

У раду су описани најчешћи негативни ефекти путне инфраструктуре на воде генерално, и приказане су поједине мере које је могуће применити како у процесу планирања трасе пута, тако и у самом систему за одводњавање путева, како би се минимизирао негативни утицај пута на подземне и површинске воде.

Највећи утицај на загађење вода од саобраћаја, јесте транспорт нафте и нафтних деривата до којег долази као директна последица како свакодневних, тако и инцидентних ситуација које се одвијају у саобраћајном току.

На путевима I и II реда, као што су аутопутеви и магистрални путеви, правило је да се вода са коловоза не испушта директно у реципијенте (реке, подземне воде) без претходне прераде. Према данашњим прописима и захтевима надлежних институција, воду је потребно прикупити и пречистити у сепараторима уља, нафте и нафтних деривата, таложницима или посебним постројењима за прераду и пречишћавање отпадних вода.

Највећи ризик од загађења воде ипак се јавља у градовима, где је делом и услед већег обима саобраћаја и различите структуре саобраћајног тока, на коловозу присутна далеко већа количина штетних материја, него што је то у ванградским условима. Након атмосферских падавина, управо први талас отицања јесте највећи загађивач па је тако пре свега њега потребно пречистити пре испуштања у коначне реципијенте.

Са напретком технологије али и строжијим захтевима који проистичу из важеће регулативе у области која третира исправност моторних возила, заштиту животне средине али и аспект безбедности саобраћаја генерално, смањује се ризик појаве штетних материја на коловозу, а самим тим и њиховог изливања и загађења површинских и подземних вода.

Literatura

[L1] ЈП "Путеви Србије": Приручник за пројектовање путева у Републици Србији, 2012. година;
[L2] What Happens to All the Salt We Dump On the Roads? (https://www.smithsonianmag.com/science-nature/what-happens-to-all-the-salt-we-dump-on-the-roads-180948079/);
[L3] Приручник за пројектовање путева у Републици Србији, 8. Конструктивни елементи путева, 8.3. Систем за одводњавањъ
[L4] Google Images., https://www.pontoni.rs/separatori-masti-ulja-i-naftnih-derivata/, pristupljeno 21.04.2024. 14:39
[L5] Google Images., https://web1.grf.bg.ac.rs/p/learning/sumarni_pregled_prezentacije___tema_6_1481272862458.pdf, pristupljeno 21.04.2024. 14:40
[L6] Google Images., https://www.putevi-srbije.rs/images/pdf/harmonizacija/prirucnik_za_projektovanje_puteva/SRDM8-3-sistem-za-odvodnjavanje%28120503-srb-konacna%29.pdf, pristupljeno 21.04.2024. 14:42
[L7] Google Images.,, https://hidrotehnika.rs/aktuelni-projekti/srbija/vlasina/, pristupljeno 14.05.2026., 16:12