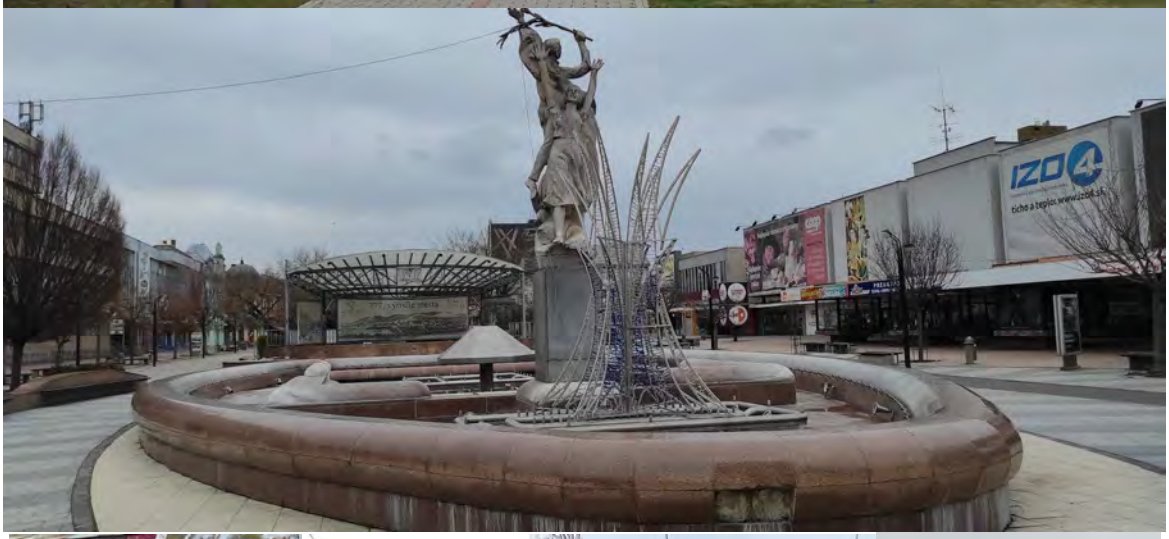
OZDRAVENIE KLÍMY MESTA MICHALOVCE



1.časť – Zhodnotenie súčastného stavu

Obsah

1. Úvod 3
1.1 Identifikačné údaje objednávateľa 3
1.3 Autorský kolektív 3
1.4 Zdôvodnenie spracovania štúdie 3
2. Analýza stavu poškodenej krajiny 15
2.1 Súčasný stav 15
2.2 Prehľad východiskových podkladov 18
2.3 Plochy prispievajúce k povodňovým rizikám 21
3. Výpočet objemu povodňovej vlny 33
3.1 Určenie hodnoty CN krivky 33
3.2 Zastúpenie jednotlivých typov štruktúry krajiny 36
Odtokové územie 1 36
Odtokové územie 2 38
Odtokové územie 3 40
Odtokové územie 4 42
Odtokové územie 5 44
Odtokové územie 6 46
Odtokové územie 7 48
Odtokové územie 8 50
Odtokové územie 9 52
Odtokové územie 10 54
Odtokové územie 11 56
Odtokové územie 12 58
Odtokové územie 13 60
Odtokové územie 14 62
Odtokové územie 15 64
Odtokové územie 16 66
Odtokové územie 17 68
Odtokové územie 18 70
Odtokové územie 19 72
Odtokové územie 20 74

1. Úvod

1.1 Identifikačné údaje objednávateľa

Mesto Michalovce
Štatutárny zástupca: Viliam Zahorčák, primátor mesta
IČO: 00325 490
Mestský úrad, Námestie osloboditeľov 30, 071 01 Michalovce
Web stránka: www.michalovce.sk
Kontaktná osoba: RNDr. Jana Machová
E-mail: jana.machova@msumi.sk
Telefón: 056/ 68 64 176

1.2. Identifikačné údaje spracovateľa projektu

WaterHolistic s.r.o.
Čermeľská cesta 1439/24, 040 01 Košice
zapísaná v Obchodnom registri Okresného súdu Košice I, odd. Sro, vl. č. 50295/V
IČO: 53 411 421
DIČ: 2121368128
Bankové spojenie: Tatrabanka, a.s.
Číslo účtu: IBAN: SK82 1100 0000 0029 4809 5293
Štatutárny zástupca: Dušan Trávniček, konateľ
T-mail: info@waterholistic.com

1.3 Autorský kolektív

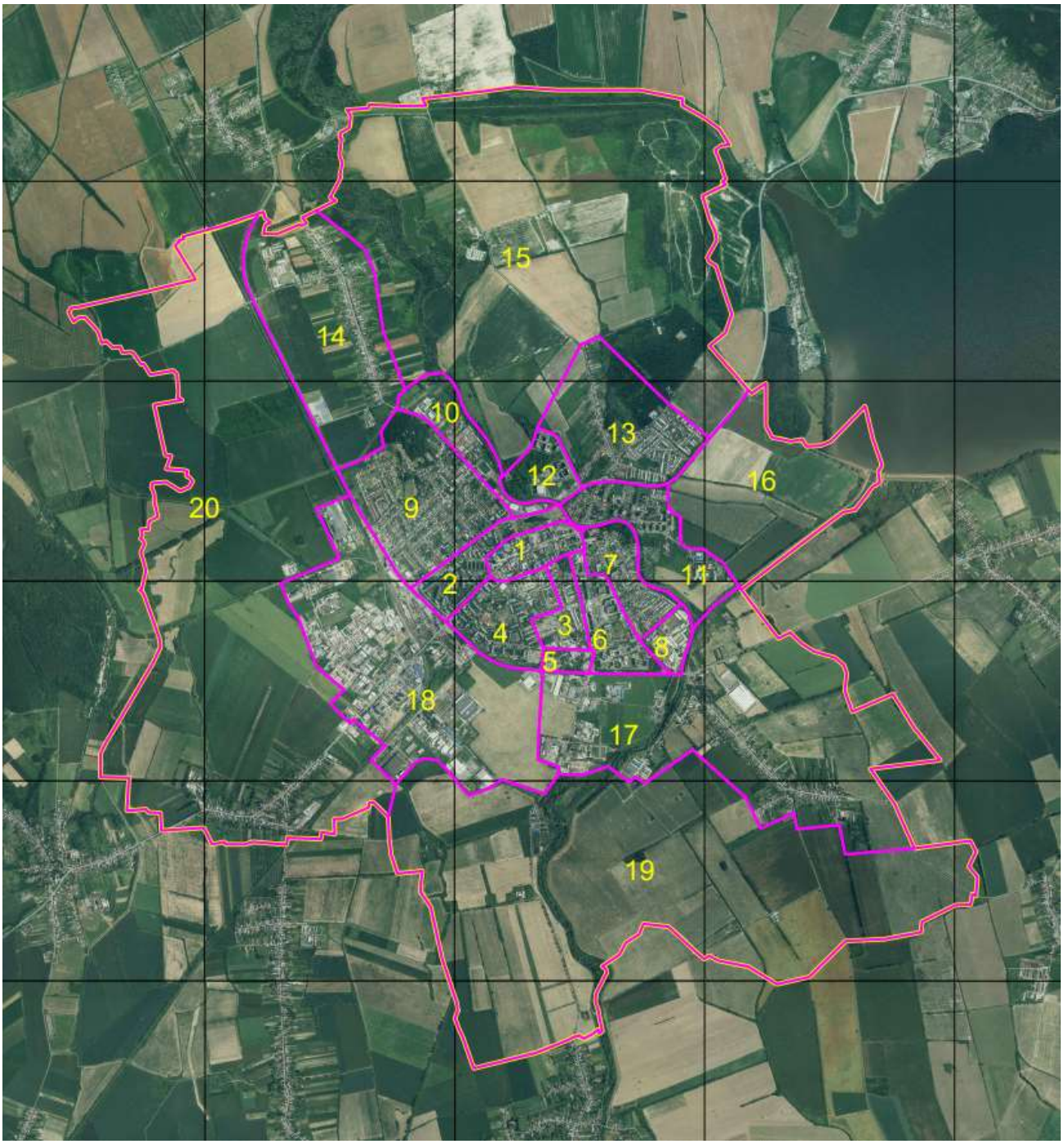
Ing. Danka Kravčíková, Ing. Michal Kravčík, CSc.

1.4 Zdôvodnenie spracovania štúdie

Mesto Michalovce s katastrálnym územím na juhozápad od vodnej nádrže Zemplínska Šírava je v letnom období silne prehrievané, podlieha suchu a nedostatku vody.

Z toho dôvodu je výsoká potreba nájsť riešenia, ktoré zastavia rizikový trend poklesu zrážok a preto sa vedenie mesta rozhodlo spracovať túto analýzu a otvoriť diskusiu so zainteresovanými. Tiež nájsť riešenie, ktoré by mohlo tento rizikový trend zastaviť. Z toho vyplývajú aj otázky, ako to riešiť a či vôbec existuje riešenie a ak existuje, ako to premietnuť do konkrétnych strategických rozhodnutí mesta, do územného plánu mesta aj do pozemkových úprav v katastri. Cieľom je tiež posilniť zodpovednosť všetkých zainteresovaných zlepšiť ochranu vody, ako súčasť novej vodnej kultúry.

Celé katastrálne územie mesta Michalovce bolo rozdelené do zón (odtokových území) s typickým charakterom zástavby, či využívania územných celkov katastrálneho územia. Riešené územie bolo rozdelené do 20 odtokových území (OU) s približne rovnakými charakteristikami využívania, resp. zástavby. OU č. 1 je centrum mesta a posledné územie je č. 20 s dominanciou poľnohospodárskej krajiny.



Obrázok 1: Rozdelenie k.ú. Michalovce na odtokové plochy

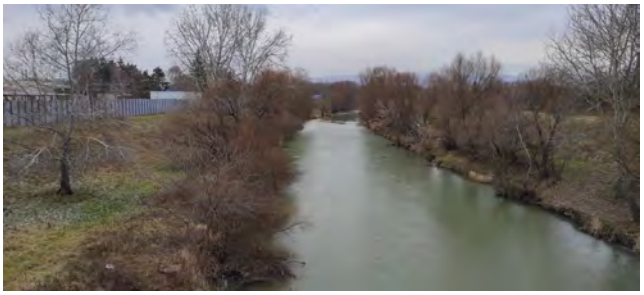
Analýza trendových zmien ročných aj sezónnych jednoznačne potvrdzuje významný pokles zrážok tak v zimnom, ako aj v letnom polroku. Ak trend ubúdania zrážok v Michalovciach bude pokračovať aj v budúcnosti, perspektíva je veľmi riziková z hľadiska klímy. Za ostatných 100 rokov trendový pokles ročných úhrnov zrážok je viac ako o 100 mm ročne. Ak by tento trend pokračoval

v 21. storočí, dosiahol by pokles zrážok ďalších 100 mm a zrážky by sa pohybovali na úrovni ročných zrážkových úhrnov pod 500 mm.

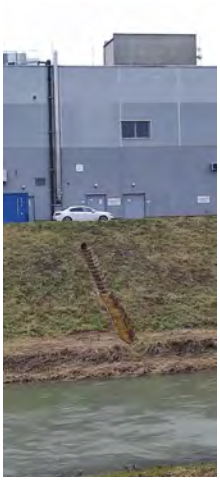
Obrázok 2: Trend zrážok v Michalovciach 1901-2008

Urbanizácia mesta a rast zapečatených a zastrešených plôch tiež prispieva k suchu a prehrievaniu územia, z čoho vzniká celá rada komplikovaných rozhodnutí v územnom rozvoji. Mesto Michalovce patrí k mestám s vysokou urbanizáciou.

Urbanizácia momentálne dosahuje okolo 13,33% (intravilán a dopravná infraštruktúra – spevnené a nespevnené plochy). Územie má znaky vysokého pretvorenia krajiny s príspevkom k vysokému odtoku dažďovej vody, čo v najvššej miere prispieva k suchu a prehrievaniu riešeného územia. Silnou stránkou mesta je, že intravilán mesta má rozsiahle zelené plochy. Tie ale hlavne v letnom období rýchlo vysýchajú.



Mestom preteká rieka Laborec, ktorá je historicky skôr vnímaná ako príčina povodňového ohrozenia, preto je po celej dĺžke rieka ohradozvaná a zásahy, ktoré boli v minulosti realizované v hornej časti povodia nad mestom Michalovce prispievali k urýchleniu odtoku. Tento princíp je naďalej starostlivo udržiavaný, rieka Laborec je recipientom odkanalizovbania dažďovej vody, čo výrazne prispieva k povodňovému riziku nižšie po prúde rieky pod mestom Michalovce. O tom svedčí aj terajší stav, ktorý charakterizuje napríklad nákupné centrum Zemplín (viď spôsob zaustenia dažďovej vody do rieky Laborec).



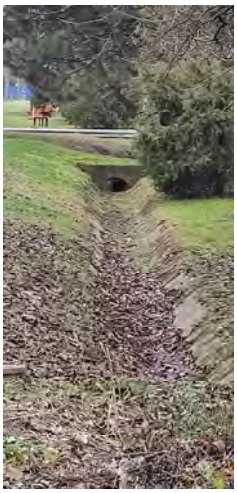
Z hľadiska perspektívy v urbanizácii mesta je potrebné nájsť riešenia, ktoré zabránia mestu vysychať, čo si vyžaduje zapracovať výsledky tejto analýzy do územnoplánovacej dokumentácie a tiež do pozemkových úprav. Tieto úpravy je potrebné zrealizovať nie len v intraviláne mesta, ale aj v okolí mesta, teda v extraviláne katastra, aby sa predišlo environmentálnym a klimatickým rizikám, aby sa koncepčne a systémovo prispelo k takému manažment dažďovej vody v území, ktoré dlhodobo bude chrániť mesto a jej obyvateľov nie len pred povodňami, ale aj suchom a zmenou klímy.

Mesto Michalovce má veľmi mále zastúpenie lesných ekosystémov. Na všetky strany okolia intravilánu siaha rozsiahla otvorená poľnohospodárska krajin, ktorá v lete, hlavne po žatve sa rýchlo prehrieva a tým prispieva aj k extrémnym horúčavám v samotnom meste.

Doterajšie zrealizovaná ochrana pred povodňami mesta Michaloviec vyplývala z potreby čo najrýchlejšieho odvádzania povodňových vĺn Východoslovenskou nížinou. Za týmto účelom bola vybudovaná aj vodná nádrž Zemplínska Šírava, ktorá sa dotýka hranice mesta na severovýchode katastra. Z okrajových častí mesta, predovšetkým okolo dopravnej infraštruktúra je vybudovaná celá sieť rigolov a kanálov, ktoré odvádzajú vodu z územia.

Dlhodobý niekoľko ročný vplyv uplatňovania princípu čo najrýchlejšieho odvedenia dažďovej vody z územia vytvoril infraštruktúru, ktorá zvyšuje riziká sucha a mení hydrologický cyklus, a vplýva na

zmenu časovej a priestorovej distribúcie zrážok. To potvrdzuje analýza trendu poklesu zrážok v 20. storočí. Pre budúcnosť daného regiónu, zvlášť pre Zemplín táto zmena predstavuje veľké riziko. Nedostatok zrážok sa najintenzívnejšie prejavuje v meste v čase letných horúčav v podobe sucha.



Rigoly v infraštruktúre mesta sú znakom starej vodnej paradigmy.

Príklad zbytočného odchádzania dažďovej vody z infraštruktúry mesta. Namiesto zbierania dažďovej vody do zelených pásov, čo by významným spôsobom prispelo hydratácii zelene aj v letných horúčavách, keď dlho neprší.

Drenážne skrúže, dokonca osadené priamo do zelene a vedľa zelných pásov permanente drénujú všetku dažďovú vodu, ktorá tvorí povrchový odtok zo spevnených plôch.

Za ostatných 50-60 rokov sa princíp nemenil. Stále sa pokračuje v odvodňovaní intravilánu mesta.

Pred novými urbanizovanými plochami, hlavne na parkoviskách pred supermarketmi a obchodnými centrami.

Na parkoviskách pred obchodnými centrami sa pokračuje v intenciách odkanalizovania dažďovej vody napriek tomu, že nasadené stromčeky potrebujú vodu pre rast. Takto vysadené stromy, bez dostatočnej okolitej plochy zelene a bez pravidelného zalievania majú minimálnu šancu na prežitie. V dlhších obdobiach bez dažďov je v území sucho a mesto sa prehrieva. S tým súvisí nižšia vlhkosť a zvýšená prašnosť vzduchu. To následne spôsobuje zhoršenie kvality životného prostredia.

Preto sa vedenie mesta rozhodlo problémy protipovodňovej ochrany riešiť komplexne tak, aby to prispelo nie len k preventívnej protipovodňovej ochrane mesta, ale aj k zúžitkovaniu dažďovej vody pre ozdravenie klímy. Zámerom je, využiť dažďovú vodu, ktorá v čase prívalových dažďov odteká bez úžitku na doplňovanie zásob podzemných vôd priamo v katastri mesta, zvýšiť výpar a tým ozdraviť klímu, zvyšovanie vlhkosti a čistoty ovzdušia, zvýšenie zásob vody v zelených zónach mesta, aby vegetácia mala dostatok vody pre svoj rast a výpar, zvýšiť sekvestráciu uhlíka priamo v meste posilnením fotosystézy a v okolitej krajine posilniť úrodnosť pôdy tiež prostredníctvom sekvestrácie uhlíka do vegetácie a pôdy, spomaliť rýchlosť prehrievania a tým zmierniť teplotné výkyvy medzi dňom a nocou. Viac vody v prostredí posilňuje biodiverzitu a zatraktívňuje prostredie s príjemnejšou klímou pre obyvateľstvo s podporou rozvoja lokálneho cestovného ruchu.

Dôležité je priamo v intraviláne zvýšiť zásoby vody, aby sa posilňovali biologické a chemické procesy v pôde aj na jej povrchu, aby sa posilnil potravinový reťazec pre vtáctvo. Toto je kľúčové pre zvýšenie vtáčej populácie v intraviláne, ktorá sa živí hmyzom.

Návrh strategického zámeru rieši problémy komplexne s posilnením vnútorného potenciálu mesta a endogénnych zdrojov. Strategickým zámerom je mať jasný kľúčový dokument, ktorý bude doplnkom k územnému plánu a tiež pre rozhodovanie pozemkových úprav pre extravilán, ako umiestniť prvky modrej a zelenej infraštruktúry do poľnohospodárskej krajiny. Následná realizácia návrhu zásadným spôsobom prispeje k zmierneniu rizík, ktoré vyplývajú z prebiehajúcej klimatickej zmeny. Koncept je postavený na princípoch Novej vodohospodárskej politike Európskej únie, ktorú schválila Rada Európy pre životné prostredie 17. decembra 2012 (17872/12) a zelenej politiky Slovenskej republiky a Európskeho spoločenstva.

Táto nová vodná politika v oblasti vodného hospodárstva v bode č. 14 NALIEHAVO VYZÝVA, aby bolo zlepšené vykonávanie rámcovej smernice o vode a iných relevantných právnych predpisov EÚ a podľa potreby bol znížený hydromorfologický tlak v povodiach zabezpečením alebo obnovením priechodnosti riek, čo najrozšírenejším využitím zelenej infraštruktúry: napríklad opatrenia na prírodné zadržiavanie vody a obnovu ekosystémov, a najlepšie dostupné techniky a opatrenia pre zmierňovanie následkov. Takýmito opatreniami sa zníži zraniteľnosť EÚ voči potopám a suchám, podporí biodiverzita a úrodnosť pôdy, ako aj zlepší stav vôd. Preto bolo cieľom urobiť analýzu celkovej bilancie dažďovej vody, aby sme vedeli, koľko dažďovej vody z územia bez úžitku a čomu by mohla prisieť, ak by sa našli riešenia, ktoré by dokázali udržať túto vodu priamo v katastri.

V bode č. 15. Rada EÚ pre životné prostredie NALIEHAVO VYZÝVA členské štáty, aby vypracovali plány manažmentu povodňového rizika (FRMP), ako vyžadujú smernice EÚ o povodniach; PODČIARKUJE, že je dôležité, aby sa tieto zámery (FRMP) zohľadňovali pri vypracovávaní plánov riadenia rizík týkajúcich sa viacerých odvetví a hrozieb, a PRIPOMÍNA členským štátom potrebu koordinovaného a integrovaného prístupu k plánom manažmentu povodia (RBMP) a plánom riadenia povodňových rizík (FRMP) v súlade s článkom 9 smernice EÚ o povodniach. Týmto spracovaným investičným zámerom chce mesto Michalovce v plnom rozsahu odporúčania EÚ rozvinúť na svojom území, aby na princípe solidarity neprispievalo odtekajúcou

dažďovou vodou zo svojho katastra k povodňovým rizikám a zároveň svojou iniciatívou mesto upozornilo na riešenia svojich partnerských samospráv na hornom toku povodia.

EÚ prostredníctvom Európskej zelenej dohody predstavuje plán Európskej komisie na ekologickú transformáciu hospodárstva Európskej únie v záujme udržateľnej budúcnosti. Celý svet vrátane Európy, štátov, krajov a obcí sa bude musieť vysporiadať s čoraz častejšími a náročnejšími výzvami v oblasti životného prostredia a zmeny klímy. Práve Európska zelená dohoda by mala predstavovať nástroj, ako čeliť daným výzvam a premeniť ich na príležitosti a to je aj výzvou pre mesto Michalovce, aby vo svojej komunite naštartovala rozvíjanie zelenej politiky.

V**alné zhromaždenie Organizácie Spojených národov prostredníctvom rezolúcie 73/284 vyhlásilo roky 2021 – 2030 za *Desaťročie Organizácie Spojených národov o obnove a revitalizácii ekosystémov***. Toto uznesenie, podpísané aj Slovenskou republikou dňa 1. marca 2019, vyzýva na podporu a zvýšenie úsilia o prevenciu, zastavenie a zvrátenie degradácie ekosystémov, ako aj na zvýšenie povedomia o význame obnovy krajiny a pôdy. Zapojenie rôznych oddelení ministerstiev jednotlivých štátov, samospráv, mimovládnych organizácií, podnikov do revitalizácie je jednou zo strategických ciest na dosiahnutie cieľov tejto rezolúcie. Tento strategický dokument môže výraznou mierou prispieť k zelenej politike, tak ako je to prezentované v Deklarácii OSN.

Na podporu vykonávania *„Desaťročia OSN o obnove a revitalizácii ekosystémov“* bola zriadená pracovná skupina na vypracovanie najlepších postupov, vedená pod záštitou FAO – Potravinovej a poľnohospodárskej organizácie pri OSN (Food and Agriculture Organization of the United Nations). FAO dňa 29.októbra 2020 opäť vydala výzvu o zvýšenie snahy o obnovu a revitalizáciu krajiny a lesov. Táto skupina okrem iného vyzdvihla dôležitosť mokradí pri revitalizácii krajiny.

Mokrade zahŕňajú také oblasti pôdy, ktoré sú saturované alebo zaplavené vodou buď trvalo, alebo sezónne a zahŕňajú močiare, rybníky, jazerá, záplavové oblasti, močiarska, lužné lesy. A toto je potrebné robiť na lokálnej úrovni, pretože napríklad mokrade na lokálnej úrovni uchovávajú oproti lesom dvojnásobné množstvo uhlíka. Žiaľ, celosvetovo ľudia vysušili 35 percent ich plochy oproti roku 1970. Mokrade boli v minulosti odstránené aj z katastra mesta Michalovce. Mokradné a zvlhčené ekosystémy podporujú biodiverzitu a prinášajú mnohoraký úžitok až po ozdravovanie klímy.

Komplexné integrované riešenia sú cestou, ktorá môže priniesť systémové zmeny vo využívaní, ochrane i obnove prírodných zdrojov. Základnými prvkami, na ktorých komunita, región i štát stojí sú: voda, pôda a energia. S dostatkom týchto zdrojov ľudstvo v rôznych končinách sveta dokázalo prežiť aj v najhorších časoch. Zhoršovanie stavu prírodných zdrojov: strata úrodnosti pôdy, extrémne výkyvy počasia a zhoršovanie environmentálneho bezpečia, sú riziká, ktoré sú výzvou ako to riešiť, ale zároveň aj hrozbou, či to zvládneme. Z toho dôvodu sa tento strategický dokument orientuje na presadenie komplexnej, teda integrovanej ochrany a regenerácie prírodných zdrojov, ktorá dokáže systémovo prinavrátiť to, čo sa rozhodnutiami v minulosti pokazilo. Mesto bude úspešné

vtedy, ak dokáže metodicky, manažérsky a implementačne uplatniť v riadení prírodných zdrojov tri fundamentálne piliere. Tými sú VODA, ENERGIA, POTRAVINY a tento strategický dokument ponúka tieto možnosti a zároveň vychádza z Plánu obnovy poškodenej krajiny Košického kraja.

Svetové ekonomické fórum zverejnilo správu s názvom „Water-Security: The Water-Food-Energy-Climate Nexus“ (Vodná bezpečnosť – súvislosti vody, potravín, energie a klímy), ktorá zdôrazňuje, že integrovaný prístup k vode, energii a potravinám môže zvýšiť bezpečnosť zdrojov, efektívnosť, znižovanie chudoby a lepšie riadenie zdrojov vo všetkých odvetviach.

Na dosiahnutie udržateľnosti systému súvislosti voda - energia - potraviny (WEF) musia prírodovedne, spoločensky, ako aj ekonomicky orientovaní vedci, analytici a inžinieri spájať v strategických dokumentoch integrované politiky. Rovnako je dôležitá transformácia výsledkov výskumu do praxe a reálneho života a to treba premietnuť do konkrétnych riešení na úrovni mesta, ako sú Michalovce.

Navrhovaný strategický dokument pre Michalovce tieto témy otvára prostredníctvom analýzy odtoku dažďovej vody z riešeného územia. Kladie si za cieľ prepájať súvislosti nielen medzi vodou, energiou a potravinami, ale aj počasím, klimatickou zmenou a biodiverzitou. Plán navrhuje komplexné WEF riešenia, nakoľko aj samotná klimatická zmena sa týka tak dostatku vody, úrodnosti pôdy, extrémnych horúčav, ako aj rastu živelných pohrôm.

Zo všetkých vyššie spomínaných záverov a odporúčaní vyplýva ešte jedna dôležitá súvislosť. Je potrebné pomáhať definovať a presadzovať aj na lokálnej úrovni verejných politík integračné politiky minimálne pre vodu, energiu a potraviny, vzhľadom k tomu že práve tieto komodity budú limitujúcimi faktormi akéhokoľvek rozvoja v budúcnosti. Tento prístup pomôže rozšíriť verejnú politiku nad rámec vodohospodárskeho, energetického a potravinárskeho sektora, pretože sa tu otvára priestor aj pre klímu a riešenie socioekonomických problémov na lokálnej úrovni.

Výzvou je tiež zahrnúť zdravie, životné prostredie, obchod, biodiverzitu a medzinárodnú pomoc, čo prináša ešte vyššiu úroveň integrácie a dobrý základ pre strategické rozhodovanie. Plán ozdraenia klímy pre Michalovce je preto spracovaný so zámerom na trvalo udržateľnú regeneráciu prírodných zdrojov.

Preto je potrebné rozpracovať koncept ekosystémovej obnovy vôd v poškodených štruktúrach krajiny, aby bola podporená intenzita fotosyntézy, a tým aj sekvestráciu uhlíka do biomasy a pôdy pre podporu zvýšenia produkčného potenciálu krajiny. Takýto prístup sa prvýkrát objavil na Slovensku pri realizácii projektu SIM4NEXUS (www.sim4nexus.eu) s odporúčaním modelu pre EÚ v modeli, ktorý je v nadchádzajúcej schéme.

Obrázok 3: Podpora zadržiavania dažďovej vody v krajine

Na týchto princípoch budú definované možnosti pre mesto Michalovce, ako revitalizovať a posilniť regeneráciu prírodných zdrojov v prebiehajúcej klimatickej zmene. Dostatok vody v krajine je možné dosiahnuť tým, že bez úžitku povrchovo odtekajúca dažďová voda zo zrážok bude zadržaná na mieste, kde spadne alebo v jej blízkosti. Ekosystémovým zadržiavaním vôd v lesopoľnohospodárskej a urbanizovanej krajine sa plošne posilňujú nielen zásoby vôd v krajine, ale zvyšuje sa aj pôdna vlhkosť. Korene rastlín si dokážu zo zásob pôdnej vody odčerpávať toľko, koľko potrebuje vegetácia v čase sucha. Experimentálny výskum (Pokorný, 2018)[1] potvrdil, že lúčny ekosystém pri dostatku vody dokáže uložiť až 5 ton uhlíka ročne na jeden hektár. To znamená, že mesto Michalovce môže zásadným spôsobom na svojej úrovni prispieť k uloženiu čistého uhlíka a tým odčerpávať CO_2 z atmosféry, o ktorom sa spoločnosť zhodla, že je príčinou zmeny klímy.

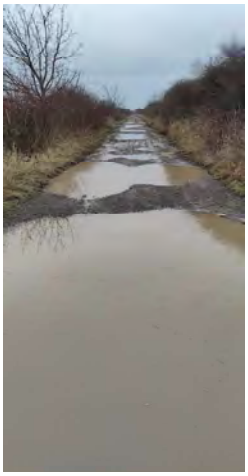
Vychádzajúc z týchto experimentálnych poznaní bola pre kataster mesta Michalovce urobená analýza odtoku dažďovej vody – aký objem vody zo zrážok odteká, koľko z nej je vhodné zadržať a koľko ton CO_2 bude možné prostredníctvom fotosyntézy sekvestrovať do pôdy, ako aj ďalšie benefity.

[1] http://gisak.vsb.cz/GIS_Ostrava/GIS_Ova_2021/sbornik/papers/gis20216000a58467cd6.pdf

2. Analýza stavu poškodenej krajiny

2.1 Súčasný stav

Súčasný stav vodného hospodárstva na území katastra mesta Michalovce je neudržateľný a perspektívne rizikový. Stav ekosystémov aj systém manažmentu dažďových vôd v celom území vrátane intravilánu Michalovce prispieva k povodňovým rizikám po prúde rieky Laborec, ale aj ku suchu v meste. To znamená, že mesto ubližuje sebe a tiež ubližuje ostatným samosprávam po prúde rieky Laborec. Historicky sa tieto problémy riešili na princípe posúvania problémov smerom po prúde a tým sa dlhodobo vysušuje územie.



Preto infraštruktúra na manažment dažďovej vody je v čase výdatných dažďov naplnená zozbieranou dažďovou vodou, často upchané kanalizačné skruže a voda ostáva na uliciach. Mesto Michalovce pravidelne čistí kanály a vpusty, čím sa snažia predísť prípadným povodniam. Mesto má v kompetencii správu povrchových dažďových vôd. Tie má na starosti Technické a záhradnícke služby mesta Michalovce, ktoré vykonávajú pravidelné čistenie všetkých kanálov a kanálových vpustov s cieľom zabezpečiť bezproblémové odtekanie dažďovej vody.

Bez zásadnej zmeny v prístupe v ochrane pred povodňami v súlade s potrebami ochrany vodných zdrojov v území, bude udržateľný rozvoj v území niesť vždy riziká spojené so škodami. Trendom je ekosystémová integrovaná ochrana vodných zdrojov, ktorá prinesie nie len úžitky v ochrane vôd a vodnej bezpečnosti, ale aj v ochrane biodiverzity, rozvoja lokálnej ekonomiky a riešenie sociálnych problémov aj ekonomického charakteru.

Z toho dôvodu treba strategicky ochranu územia pred povodňami, suchom a prehrievaní územia rozšíriť aj pomocou ekonomického zhodnocovania prostredia/krajiny, ktoré posilní trvalo udržateľný rozvoj prostredníctvom ekosystémového manažmentu vody v celom území katastra tak, aby zrealizované opatrenia priniesli úžitok všetkým zainteresovaným. Riešenie integrovaného vodného manažmentu v katastri mesta Michalovce bude zlepšovať vodnú bilanciu v údolí rieky Laborec. Zadržanie odtoku dažďovej vody priamo v katastri mesta Michalovce prispeje k prevencii pred povodňami v údolí rieky Laborec pod Michalovcami, aj keď v malej miere, ale v každom prípade pozitívne.

Základom pre spracovanie strategického dokumentu OZDRAVENIE KLÍMY MESTA MICHALOVCE bolo rozdelenie riešeného územia na odtokové územia a v nich zhodnotiť vodnú bilanciu a vplyvu poškodenia krajiny na odtokové pomery a bilanciu odtekajúcej dažďovej vody bez úžitku. S tým súvisí aj akceptovanie rámcov, ktoré vychádzajú z princípov a trendov Európskej a Slovenskej vodnej politiky aj trendov OSN, ako aj Košického plánu obnovy poškodenej krajiny.

Ak vychádzame z Novej vodnej politiky, ktorú schválila Rada EÚ pre životné prostredie, je potrebné spracovať plán integrovaného manažmentu celého katastra mesta Michalovce. Ak však vychádzame z deklarácie OSN treba systémovo riešiť aj obnovu poškodenej krajiny a rámec Svetového ekonomického fóra, závery vedeckovýskumného konzorcia, ktoré ponúkajú schémy, ako hodnotiť územia a ako vytvárať metodický postup spracovania strategického dokumentu aj na lokálnej úrovni.

Súčasťou integrovaného plánu vodných zdrojov je ozdravenie aj klímy. Ako prvý krok bola spracovaná analýza vodnej bilancie, na základe prírodných danností a stavu poškodenia územia. Ďalším krokom je návrh opatrení, ktoré sú v súlade aj so Spoločnou poľnohospodárskou politikou EÚ, ktorej cieľom je prispievať k ochrane vodných zdrojov aj pre potreby zvyšovania úrodnosti pôdy a tiež v súlade so zámermi politiky EÚ pre ochranu životného prostredia s dôrazom na ochranu a podporu biodiverzity v území. Toto je možné iba za predpokladu, ak dôjde k zvýšeniu hydromorfnosti územia, čo je v súlade so spomínanou Novou vodnou politikou EÚ. A to je cieľom aj tejto štúdie.

2.2 Prehľad východiskových podkladov

Pri spracovaní celého strategického dokumentu sa vychádzalo z platných východiskových dokumentov EÚ, Slovenska a mesta Michalovce. Rozsah spracovania analýzy a návrh riešení a ich priestorové umiestnenie vychádzal z týchto základných východiskových bodov:

- *Analýza vodného potenciálu katastrálneho územia mesta Michalovce a jeho zhodnotenie pre ozdravenie klímy, vytvárania zásob vodných zdrojov, zlepšenia úrodnosti pôdy, zvýšenie konkurencieschopnosti, rozvoja lokálnej ekonomiky a vytvárania pracovných príležitostí.*

Na analýzu vodného potenciálu k.ú. mesta Michalovce bolo potrebné vybrať takú metodiku, ktorá dokáže reálne zhodnotiť vodnú bilanciu vody v zadefinovaných územiach, aby sme vedeli kvantifikovať, koľko dažďovej vody odteká počas povodňových stavov bez úžitku a zároveň nájsť spôsob hospodárneho nakladania s ňou ako s cennou komoditou pre potreby ozdravenia klímy, zmiernenia prehrievania ovzdušia, ako aj zlepšení čistoty ovzdušia.

Aby bolo možné primeraným spôsobom navrhnúť riešenia, ktoré by mohli byť prínosom pre zhodnocovanie územia a navyše aby bolo možné využívať miestne zdroje so zapojením miestnych ľudí. Na takéto zadanie sa najlepšie hodí metóda CN kriviek, ktorá pomerne reálne dokáže kvantifikovať vodný potenciál na základe prírodných charakteristík a poškodenosti odtokových území, bilanciu objemu odtoku vody na extrémnu prívalovú zrážku a pre daný vypočítaný objem nájsť primerané riešenie s využitím miestnych prírodných zdrojov aj so zapojením miestnych ľudí do realizácie prác.

- *Návrhy obnovy poškodených častí krajiny v katastrálnom území prostredníctvom zelenej infraštruktúry pre ozdravenia klímy mesta Michalovce a ochrany mesta pred povodňami, suchom a klimatickou zmenou s popisom technických detailov.*

Aby nedochádzalo k povodňovým rizikám a zároveň aby boli podchytené najnovšie trendy zelenej politiky, ktorú presadzuje Európska únia prostredníctvom Novej vodohospodárskej politiky, navrhované riešenia obnovy poškodených častí krajiny budú napĺňať manažment dažďových vôd minimálne na extrémnu prívalovú zrážku s každoročným výskytom pravdepodobnosti na úrovni 60 mm intenzívneho dažďa, ktoré do spomínaných vodných politík zapadajú a zároveň prispievajú k riešeniu problémov klimatickej zmeny. Riešenie problematiky vyžaduje poznať procesy zrážko-odtokových vzťahov, aby sa dalo kvantifikovať koľko dažďovej vody je potrebné zadržať. Tá dažďová voda ktorá teraz odteká bez úžitku a ktorú bude možné využíť na ozdravenie klímy a termoregulácie mesta, aby sa dosiahla preventívna ochrana územia pred suchom a klimatickými rizikami. To významne prispeje k integrovanej ochrane vodných zdrojov v území, aby mesto bolo menej zraniteľné na extrémne výkyvy počasia.

- *Návrhy a technické detaily prvkov zelenej infraštruktúry na celom území mesta Michalovce.*

Analytická časť je spracovaná tak, aby návrhy, priestorové premietnutia prvkov zelenej infraštruktúry v prioritných, teda najrizikovejších lokalitách katastra, prinášali vzájomný synergický efekt v prospech riešení na lokálnej úrovni a zároveň, aby boli prínosom aj pre celé povodie rieky

Laborec. Z toho dôvodu sme celé územie rozdelili na odtokové územia. Celková rozloha katastra Michaloviec je 5 280,7 hektárov.

Mesto Michalovce	Výmera m^2	% z plochy
Odtokové územie 1	338 925	0,64
Odtokové územie 2	484 677	0,92
Odtokové územie 3	306 658	0,58
Odtokové územie 4	704 252	1,33
Odtokové územie 5	113 169	0,21
Odtokové územie 6	508 737	0,96
Odtokové územie 7	515 313	0,98
Odtokové územie 8	207 497	0,39
Odtokové územie 9	1 610 208	3,05
Odtokové územie 10	529 371	1,00
Odtokové územie 11	981 359	1,86
Odtokové územie 12	375 819	0,71
Odtokové územie 13	1 484 598	2,81
Odtokové územie 14	2 459 809	4,66
Odtokové územie 15	10 838 886	20,53
Odtokové územie 16	2 304 530	4,36
Odtokové územie 17	5 139 216	9,73
Odtokové územie 18	3 821 122	7,24
Odtokové územie 19	9 776 584	18,51
Odtokové územie 20	10 306 503	19,52
Spolu	**52 807 233**	**100**

Tabuľka 1: Výmera a percentuálne zastúpenie odtokových území

V odtokových územiach boli definované charakteristiky (druhová krajinná štruktúra, pôdne pomery, pôdne charakteristiky a geológia). Dominantným zastúpením v meste Michalovce má orná pôda, zaberá viac ako polovicu územia (52%).

Druh využitia územia	Výmera m^2	% z plochy
Zastavaná plocha a nádvorie	**4 762 144**	9,02
Cesta spevnená	**1 945 635**	3,68
Cesta nespevnená	**333 150**	0,63
Záhrada	**2 582 899**	4,89
Trávnaté porasty	**6 265 899**	11,87
Stromové porasty a kry	**8 075 479**	15,29
Orná pôda	**27 113 390**	51,34
Ostatné plochy	**1 093 919**	2,07
Vodná plocha	**548 344**	1,04
Železnica	**86 374**	0,16
Spolu	**52 807 233**	100,00

Tabuľka 2: Výmera rôznych druhov využitia územia na celom katastrálnom území

Pre jednotlivé odtokové územia bol vypočítaný objem odtoku dažďovej vody pri extrémnej zrážke (60 mm), s ktorý bude následne premietnutý do riešení podľa typu poškodenia ekosystémov, ekonomickej efektívnosti a komplexnosti. Bola použitá hodnota extrémnej zrážky s pravdepodobnosťou výskytu raz ročne, z toho dôvodu efektívnosti vynaložených investícií na realizáciu opatrení.

Z hľadiska navrhovaných opatrení bolo potrebné zohľadniť ekonomickú efektívnosť. Extrémne prívalové zrážky v lokalite s pravdepodobnosťou výskytu raz za 50 a viac rokov sa vyskytujú o výdatnosti 100 mm. Navrhovať opatrenia na extrémny prívalový dážď 100 mm je ekonomicky neefektívne. Preto navrhujeme realizovať opatrenia na 60 mm zrážku, ktorá sa vyskytuje v súčasnosti v cykloch približne raz ročne. Tiež dodávame, že riešenie na jednoročnú vodu znamená, že v území sa budú zvyšovať zásoby vodných zdrojov každoročne na úrovni cca 90% z výdatnosti ročných úhrnov zrážok. V území je dlhodobý ročný zrážkový priemer cca 600 mm, čo znamená, že je tu zrážkový deficit, preto treba všetku dažďovú vodu nechať v území, pretože krajina ročne dokáže spotrebovať viac ako 900 mm.

Predpokladáme že, navrhnuté opatrenia:

a) *zvýšia retenčnú schopnosť územia min. o + 50% existujúceho stavu bilancie odtekajúcej dažďovej vody z jednotlivých odtokových území*

b) *podporia prirodzenú akumuláciu vody v území o min.50% existujúcej kapacity,*

c) *spomalia odtok vody z územia do vodných tokov so zrážky s pravdepodobnosťou výskytu raz za jeden rok vo výške viac ako 90% a pri extrémnych prívalových dažďoch s výskytom viac ako 20 rokov min. o +50%*

d) *zamedzia splachu povrchovo odtekajúcej dažďovej vody predovšetkým zo spevnených plôch, ktorá robí návalové vlny v kanalizačných systémoch a na čistiareň odpadovej vody*

Jedným z dôležitých navrhovaných riešení je posilňovanie vodozádržnej kapacity priamo intravilánu mesta, tak aby reálne došlo k zvýšeniu retenčnej kapacity území v jednotlivých odtokových územiach a spomalenie odtoku dažďovej vody minimálne o 90% v ročných intervaloch a zároveň nadlepšovanie minimálnych prietokov tiež o 50%, čo znamená, že minimálne prietoky vzrastu o viac ako 20 l/s.

- *Strategický dokument spĺňa kritériá integrovanej ochrany vodných zdrojov, posilňuje ochranu životného prostredia a biodiverzity, prispieva ku skvalitňovaniu vodných zdrojov, zlepšuje mikroklimatické charakteristiky v území, podporuje valorizáciu územia, podporuje lokálnu ekonomiku a vytvára pracovné príležitostí pre nezamestnaných v meste.*

Projekt rieši problémy integrovane, čo v praxi znamená, že rieši nie len povodňové stavy, ale aj sucho, klimatickú zmenu; a navyše posilňuje biodiverzitu, zatraktívňuje prostredie a po jeho realizácii bude pridanou hodnotou tak, že finančné zdroje vytvoria multiplikačný efekt, tak ako odporúča WEF Nexus princíp. Projekt rieši problém komplexne, teda integrovane nie len čo sa týka tematického zamerania, ale aj do priestorovej štruktúry. Vylepšovanie prietokov na drobných vodných tokoch ich

WATER HOLISTIC s.r.o., Čermeľská cesta 24, 040 01 Košice, IČO: 53 411 421, Email: info@waterholistic.com

oživuje a tým zvyšuje ekonomický benefit potenciálnych nových aktivít v území, ktoré prinesú pre mesto Michalovce významný ekonomický osoh.

2.3 Plochy prispievajúce k povodňovým rizikám

Dominantná časť (okrem Stráňan a Hôrky) katastra mesta Michalovce má rovinatý charakter s nadmorskou výškou 110-115 m n.m. Tým vznikajú drobné lokálne záplavy stekaním dažďovej vody zo spevnených plôch. Mesto je ohrozované povodňovými rizikami spojené hlavne s riekou Laborec, ktorá má po obidvoch stranách brehov vybudované hrádze. Charakter zrážok a hlavne ich dlhodobý dlhodobý pokles prináša so sebou najmä riziká zo sucha, ktoré treba urgentne riešiť. V zmysle Rámcovej smenici pre vodu, ktorú Európska komisia schválila v decembri 2000, majú členské štáty podmienku zavádzať delenú kanalizáciu (odpadová a dažďová kanalizácia). Túto povinnosť bolo treba zrealizovať do roku 2015. Čo na území SR splnené nebolo.

Riešenie tejto situácie sa môže uberať dvomi cestami, ktoré prichádzajú do úvahy. Urobiť delenú kanalizáciu a splniť podmienky Rámcovej smernici pre vodu Európskej komisie. Alebo sa sústrediť na alternatívu, ktorej základný princíp je na území mesta zmeniť manažment dažďovej vody tak, aby voda neodtekala do odpadovej kanalizácie, ale bola zbieraná napríklad v zelených zónach mesta. Doterajší manažment dažďovej vody bol v celom meste zameraný na čo najrýchlejšie odvedenie dažďových vôd. Takto sa to robí pri zbere dažďovej vody na cestách, zo striech, spevnených plôch, z lesnej aj poľnohospodárskej pôdy. Každým týmto zásahom do krajiny sa znížila vsiakavosť dažďovej vody a vysýchalo podložie s poklesom hladín podzemných vôd.

Rigoly v dopravnej infraštruktúre prispievajú k hromadeniu dažďovej vody a k potenciálnemu vylievaniu. Katastrom mesta smerom na severovýchod na Zemplínsku Šíravu prechádza štvorprúdová dopravná cesta regionálneho významu, ako dôležitý dopravný koridor do rekreačnej oblasti. Obojstranný rigol zbiera dažďové vody a privádza do mesta. To prispieva k riziku vzniku povodní v meste.

Manažment dažďových vôd poľnohospodárskej krajiny (orná pôda a trvalé trávne porasty)

V celej oblasti Východoslovenskej nížiny sa vyvinuli ilovité, ťažkopriepustné pôdy, na ktorých sa realizoval meliorač ný detail, ktorý by mal odvádzať presakujúcu dažďovú vodu z pôdy. V katastri Michaloviec sú ťaažkopriepustné ilovité pôdy na území 14, 17 a 18. Na ostatných územiach katastra sú hlinitopiesčité pôdy. Dlhodobé odvodňovanie oblasti Východoslovenskej nížiny spôsobilo nie len pokles hladín, ale aj trendový pokles zrážok, tak ako bolo v úvode definované.

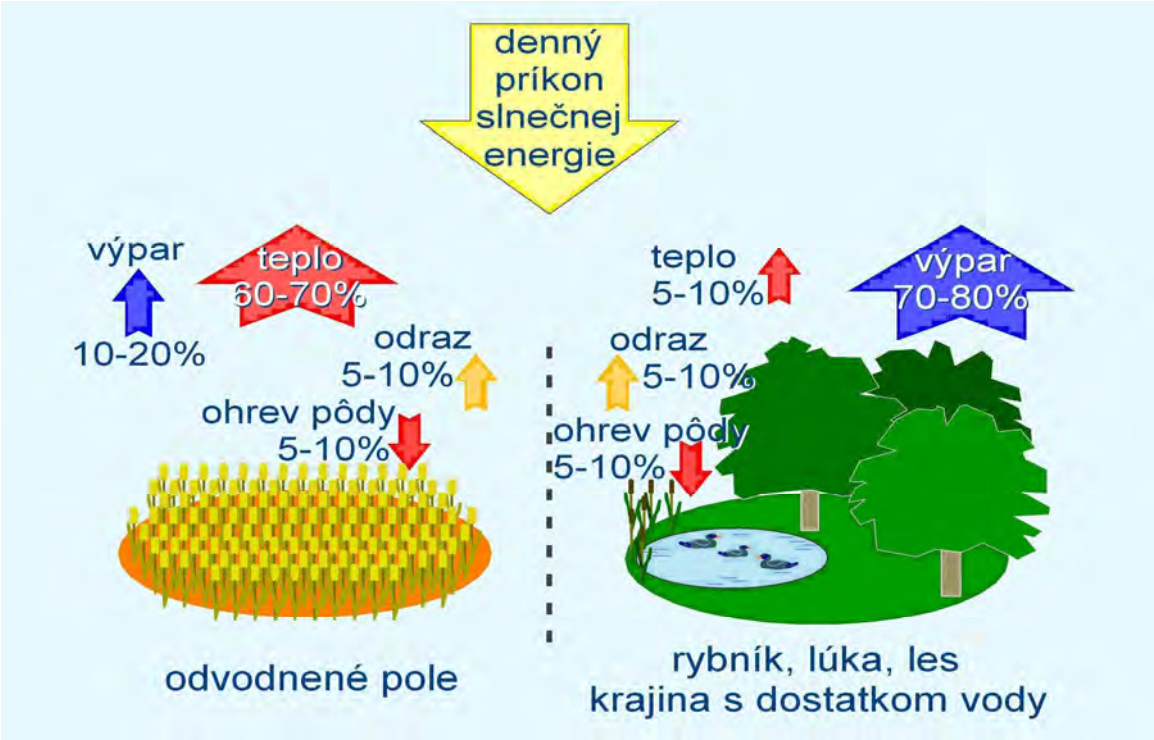
Problém Východoslovenskej nížiny sa však odvíja od vplyvu ťažkých pôd na hladinový režim podzemných vôd. Vychodoslovenská nížina však nie je dokonalá rovina a pri ťažkých pôdach a napriek tomu, že stále prevladá názor, že v týchto podmienkach nemôže byť povrchový odtok dažďovej vody, nie je to tak. Ak sú hladiny podzemných vôd vysoké a do toho prídu intenzívne dažde, tak bilancia odtoku zo zrážok môže dosahovať aj viac ako 70%, pretože ťažké ilovité pôdy nasiaknuté

vodou nedokážu priajť ďalšiu vodu. Už pri vyškovom prevyšení terénu v poľnohospodárskej krajine o 0,5 m sa vytvárajú kaluže v depresných plochách tým, že z vyšších plôch voda steká do depresných lokalít a tu sdochádza k zamokrovaniu pôdy. Melioračný detail nedokáže zbierať presakujúcu vodu a preto voda ostáva na pocrchu.

Po dlhodobejších suchách, keď sú hladiny podzemných vôd hlboké, vtedy pri tých istých zrážkach, môže bilancia odtoku odasovať aj menej ako 10%. Problémom však je, že trendový pokles zrážok prináša novú realitu dlhodobých poklesov nie len zrážok, ale aj hladín podzemných vôd. Riešením, je viac diverzifikovať krajinu. Týchto plôch v katastri Michaloviec je 2 711 haktárov (orna pôda), čo je takmer 52% územia z celého katastra. Tieto pôdy sú veľmi monoštrukturované a potrebovali by viac ekostabilizačných prvkov, ktoré by zlepšovali vlhkostné pomery v krajine.

Manažment dažďových vôd spevnených plôch a ciest

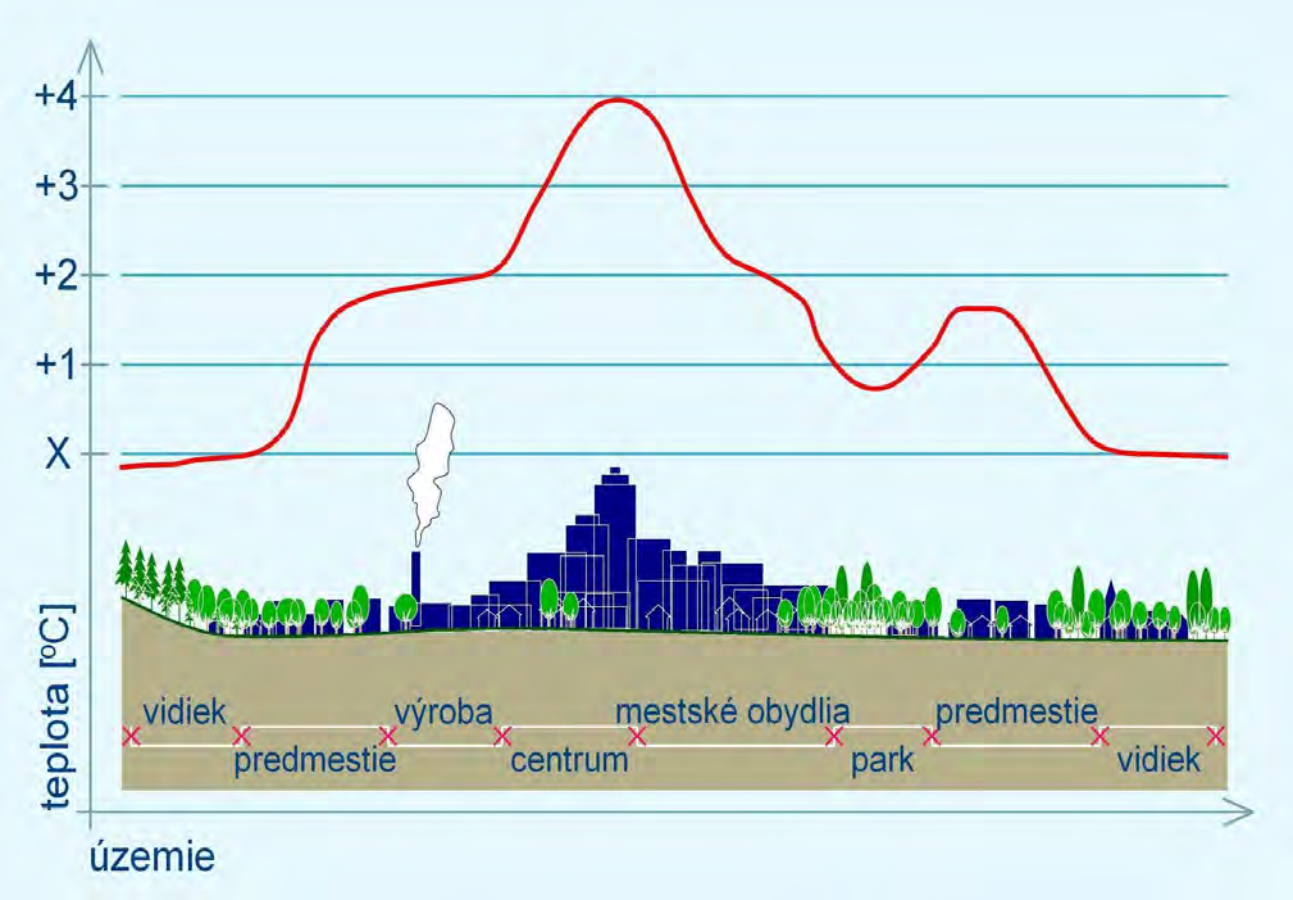
Tak ako sme v úvode konštatovali, systém manažmentu dažďových vôd predovšetkým v intraviláne všetkých častí mesta je cielene orientovaný na čo najrýchlejšie odvedenie vôd podzemnými kanalizačnými systémami z povrchu do recipientu, či už z ciest alebo parkovísk. Z nich vyplýva, že veľká časť dažďovej vody môže byť využívaná na zbieranie do parkov, či zatrávnených časti zemského povrchu. Z neho vyplýva, že mesto platí zbytočne za odkanalizovbanie dažďovej vody, ktorá potom chýba, keď dlho neprší a zelené zóny hlavne v lete trpia nedostatkom vody, vysýchajú, znížuje sa vlhkosť ovzdušia, zvyšuje sa prašnosť a mesto sa prehrieva.



Obrázok 4: Fyzikálny popis energetických tokov v atmosfére[2]

[2] www.vodnaparadigma.sk, strana 25

Z fyziky energetických tokov vyplýva, že pri každom kubickom metri odkanalizovanej dažďovej vody sa znižuje výpar a nespotrebované teplo, ktoré dopadá na zemský povrch sa transformuje na cíteľné teplo, ktoré prispieva k otepľovaniu mesta – vytváraniu tepelného ostrova, teda tepelnej bubliny, v ktorje je teplota o niekoľko stupňov vyššia, ako teplota vonkajšej krajiny, tak ako schematický znázorňuje obrázok tepelného ostrova[3].



Obrázok 5: Tepelné ostrovy nad odvodňovanými územiami

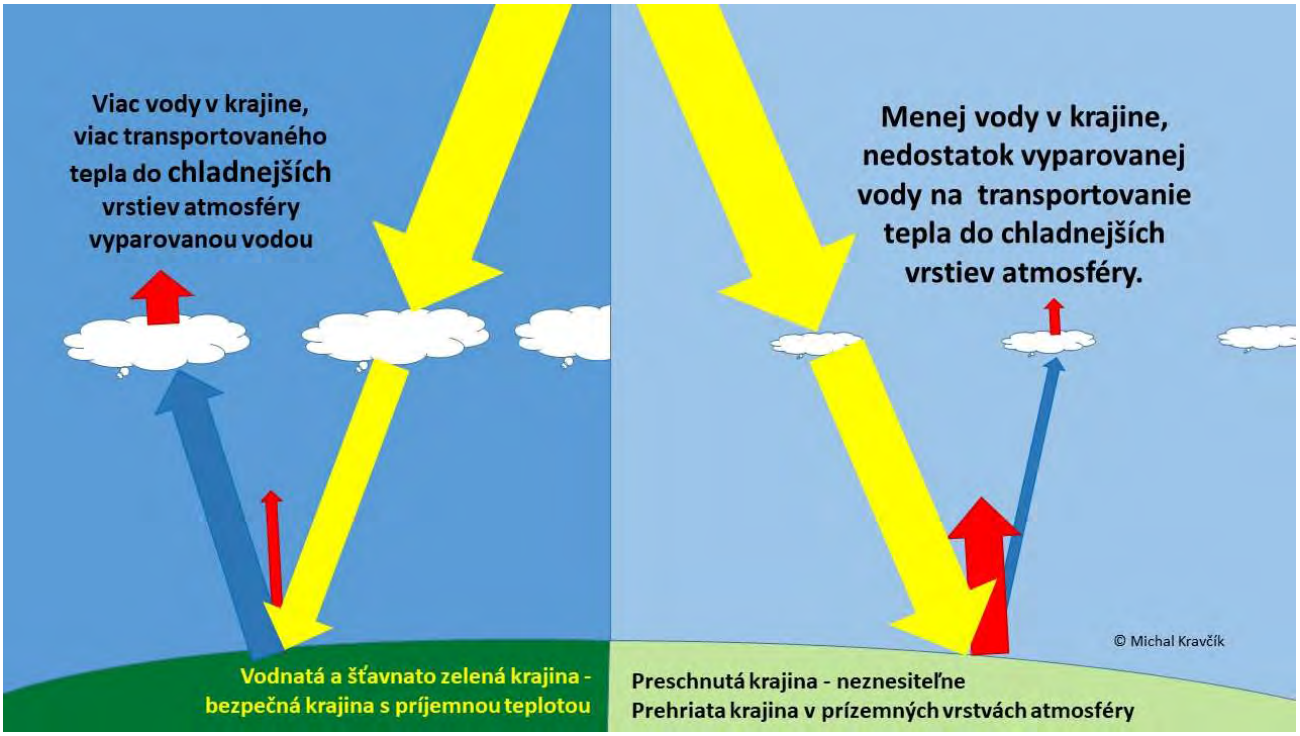
Mesto Michalovce trpí ešte ďalším závažným rizikom a tou je otvorená poľnohospodárska krajina okolo mesta, ktorá bola v minulosti značne pretvorená a odvodnená. Preto je veľmi dôležité zmeniť manažment dažďovej vody a nájsť riešenia, ktoré dokážu zdržať čo najviac dažďovej vody priamo v intraviláne mesta.

Pretože, ak je v krajine dostatok vody, tak sa slnečná energia dopadajúca na zemský povrch mení dominantne na latentné teplo (až 80%) a len malá časť sa mení na citeľné teplo (5-10%), zvyšok sa mení na ohrev pôdy. Latentné teplo s vyparovanou vodou sa transportuje do vyšších chladnejších vrstiev atmosféry, kde po kondenzácii vodných pár podieľa na tvorbe zrážok. S každým kubíkom vyparenej vody sa do vyšších vrstiev atmosféry „dopravuje“ 700 KWh tepla.

[3] www.vodnaparadigma.sk, strana 45

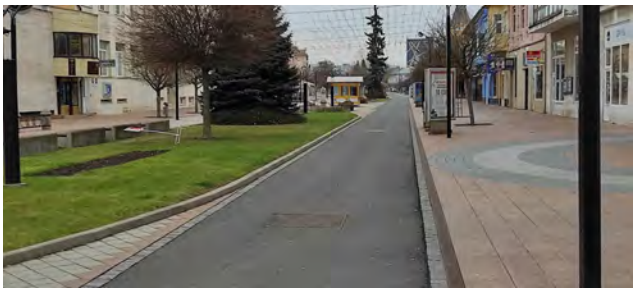
Ak je v krajine málo vody, potom sa slnečná energia nemôže spotrebovať na výpare vody a preto sa transformuje na citeľné teplo. Logicky z asfaltu sa nemôže produkovať latentné teplo ale len citeľné. Ak zoberieme krajinu v rôznom stave sucha, tak pomer medzi latentným a citeľným teplom odpovedá pomeru potenciálnej a reálnej evapotranspirácii (výpar).

Z toho vyplýva potrebná zmena manažmentu dažďovej vody z jej odkanalizovania na jej výpar. Pretože každý zadržaný kubík dažďovej vody v intraviláne výparom vody spotrebuje 700 KWh tepla, ktorá v zmysle zákona zachovania energie je transportovaná do vyšších chladnejších vrstiev atmosféry, kde prispieva k ohrievaniu chladných vrstiev atmosféry.



Obrázok 6: Schéma transportu energie v atmosfére

Toto je systém manažmentu dažďovej vody v intraviláne mesta, ktorý sa dá aj jednoducho meniť z odkanalizovania na jej zbieranie do zelených zón a posilňovať výpar a teda ochladzovanie mesta.



Všímajme si spôsob manažmentu dažďovej vody v konkrétnych lokalitách mesta, ako je zbieraná, odvádzaná čo prispieva k prehrievaniu. Je to naprieč celým mestom vo všetkých častiach. Tu je zdokumentovaná časť, ktorá názorne ukazuje terajší stav a ponúka možné riešenia. Tieto riešenia boli dlhodobo rozvíjané a zdokonaľované k čo najefektívnejšiemu odvedeniu dažďovej vody. Za úvahu tiež stojí to, že správcom dopravnej infraštruktúry v meste je mesto, ktoré za každý kubík odvedenej dažďovej vody zaplatí 1 € vodárenskej spoločnosti. Preto je dôležité poznať aj realitu, koľko samotné mesto každým rokom zaplatí za odkanalizovanie dažďovej vody.

Manažment dažďových vôd stavebných objektov

Okrem spevnených ciest a parkovísk je potrebná zmena manažmentu dažďovej vody na všetkých objektoch, budovách, rodinných domoch, bytových domoch, škôl, skôlok, výrobných hál, obchodných stredísk a pod. Tu je tiež veľký potneciál na zmenu a každý vlastník, či správca okrem ušetrenia peňazí, môže zmenou manažmentu dažďovej vody zachytením na sovjom pozemku prispieť z zlepšenej termoregulácii svojho okolia aj celého mesta, aby sa znížil efekt tepelného ostrova mesta. Odporúčame si všimnúť ako je riadený manažment dažďovej vody na týchto objektoch.

Manažment dažďovej vody na križovatkách

Z hľadiska dopravnej bezpečnosti v meste sú dôležité križovatky budované kruhovými objazdami. Sú riešené tak, že v centrálnej zóne kruhového objazdu je osadený zelený kruh s mierne navýšenou hlinou, z ktorej v čase intenzívnych zrážok steká dažďová voda na cestu a odtiaľ do najbližšej skruže.

Zmena manažmentu dažďovej vody na kruhových objazdoch môže byť technologický vyriešená tak, že cesta môže byť klopená opačne, čo pre jazdu autom je aj prirodzené, ak by bola cesta klopená do centra kruhu. V takom prípade je potom možné v zelenom kruhu robiť napríklad dažďové záhrady, v ktorých by sa zbierali dažďové vody a vyparovali sa. Tým by sa termoregulovala lokalita.

Manažment vodných tokov

Mestom Michalovce tečie významný vodný tok Laborec. Ktorý v minulosti prinášal množstvo povodňových rizík pre mesto. Z toho vyplýva aj to, že protipovodňový manažment mesta bol postavený na princípe ohradzovania rieky s navyšovaním protipovodňových hrádzi okolo rieky Laborec. Do rieky sú zvádzané všetky povodňové vody povrchovo aj podzemne. Povrchovo sú dominantne postavené rigoloch hlavne okolo ciest, aby dažďová voda odtiekla čo najrýchlejšie.

Vodné toky v modernom urbanizme vo svete znamenajú modré nite života a stávajú sa atraktívnymi zónami. Je preto dosť veľkou výzvou hľadať riešenia, ako orientovať manažment povodí v kontexte budúcnosti niekoľkých dekád, aby zóna okolo rieky Laborec bola atraktívnou urbánnou zónou pre zlepšenie kvality života. Je veľkou výzvou aj pre samotné mesto byť príkladom pre iné mestá na hornom Zemplíne ako meniť paradigmu v manažment dažďových vôd. Je celkom reálne predpokladať, že ak si mesto tento koncept osvojí, aj iné mesta a obce v okolí Michaloviec začnú meniť svoje správanie sa k vode. Tým by sa odštartoval veľmi užitočný koncept integrovanej ochrany celého povodia Laborca, ktorý by posilňoval ochranu vôd na princípe ekosystémovej ochrany spomalením odtoku dažďových vôd z lesopoľnohospodárskej aj urbanizovanej krajiny a tým by sa posilňovala nie len protipovodňová ochrana, ale aj zlepšenie hydrológie vodného toku zvýšovaním minimálnych prietokov. Za takých okolností by sa potom otváral priestor ako včleňovať rieku Laborec do života mesta, ako dominantný prvok atraktívnej promenády.

Aby toto bolo možné a našli sa vhodné riešenia, je potrebné posilňovať integrovanú ochranu vôd prostredníctvom zmeny manažmentu dažďovej vody. Na to je potrebné poznať odtok dažďovej vody z riešeného územia, na základe ktorého je možné zadefinovať potenciál využitia tejto vody npre trvalo udržateľný rozvoj aj s nevyhnutnou potrebou ozdravenia klímy. O tom pojednáva kapitola číslo tri.

3. Výpočet objemu povodňovej vlny

3.1 Určenie hodnoty CN krivky

Najvhodnejšia metóda pre taký typ výpočtov z malých odtokových plochách je metóda CN kriviek[4]. Výpočty poskytnú ucelený obraz, ako nastaviť v riešenom území vodný potenciál v súlade s harmóniou prírodného prostredia v prebiehajúcej klimatickej zmene s dôrazom na sucho a extrémy počasia.

Základný predpoklad bolo kvantifikovať koľko dažďovej vody z jednotlivých plôch odteká pri extrémnom zrážkovom úhrne. Dažďová voda, ktorá teraz pri intenzívnych dažďoch odteká bez úžitku je potenciálny zdroj pre zlepšenie ekosystémových funkcií lokality za podmienky, že v pozmenených ekosystémoch dažďovú vodu necháme. Posilnením plošnej ekosystémovej služby zvýšením zadržania dažďovej vody v lokalite sa otvára potenciál príjemného prostredia aj v čase klimatických zmien.

Z toho dôvodu pre posilňovanie intenzity regenerácie krajiny je potrebné poznať objem povrchového odtoku dažďovej vody pri extrémnej zrážke. Ak zvýšime vododržnosť územia až na extrémnu zrážku, všetka dažďová voda ostáva v lokalite počas celého roka a štartuje regeneráciu pozmenených ekosystémov. Povrchový odtok je funkciou niekoľkých faktorov: výdatnosti zrážky, plochy povodia a vlastnosti povodí (sklon terénu, vlastnosti pôdy a vegetačná štruktúra krajiny), ktoré zvyčajne vyjadrujeme empirickými alebo poloempirickými súčiniteľmi odtoku z dažďa.

Existuje niekoľko spôsobov výpočtu. K najspoľahlivejším metódam výpočtu odtoku z malých odtokových plôch patrí metóda odtokových kriviek CN[5] (Curve Number Method), ktorú vyvinul americký hydrológ a hydraulik čínskeho pôvodu Ven Te Chow v americkom inštitúte Soil Concervation Service (SCS). Na stredoeurópske pomery bola upravená a publikovaná Janečkom[6] v Čechách. Metóda CN kriviek je v rozmedzí svojej platnosti pre malé povodia/územia dobrým kompromisom medzi prácnosťou a presnosťou výpočtu. Metóda bola primárne vyvinutá pre potreby modelovania odtoku z poľnohospodárskych povodí v USA. Avšak neskôr došlo k jej rozšíreniu nad rámec pôvodného zamerania. Bola modifikovaná pre rôzne typy krajinného využitia, napríklad pre zalesnené alebo urbanizované povodia. Ďalej bola využitá pre hodnotenie búrkového odtoku, vďaka čomu sa stala neoddeliteľnou súčasťou zložitejších simulačných modelov. Ide o jednoduchú a široko používanú metódu slúžiacu k odhadu priameho odtoku dažďovej vody z malého povodia. Medzi jej najväčšie prednosti patrí fakt, že zahŕňa vplyv zložitých povrchových podmienok, ako typ pôdy, využívanie krajiny a hydrologické vlastnosti pôdy v niektorých parametroch, ktoré je vždy pred začiatkom výpočtov potrebné poznať.

Prvým parametrom je hodnota takzvanej CN krivky. Jedná sa o bezrozmernú odtokovú krivku, vyjadrujúcu odtokový potenciál daného územia v intervale od 0 do 100. Čím nižšia hodnota CN krivky

[4] CHOW, V.T.: Handbook of Applied Hydrology , New York: Mc. Graw-Hill Book Company 1964
[5] CHOW, V.T.: Handbook of Applied Hydrology , New York: Mc. Graw-Hill Book Company 1964
[6] JANEČEK, M. a kol.: Ochrana zemědělské půdy před erozí, Praha, 2001

je, tým nižší je odtokový potenciál sledovaného územia. Odtokový potenciál sa riadi predovšetkým podľa pôdneho typu, využitia krajiny a v prípade poľnohospodárskych povodí aj podľa spôsobu obhospodarovania pôdy. Táto metóda sa opiera o empirické poznatky, ktoré v sebe zahŕňajú fyzikálne charakteristiky. Základom je, že rýchlosť infiltrácie je ovplyvnená hydrologickými vlastnosťami pôdy. Na základe toho bola stanovená charakteristika hydrologických pôdnych skupín, ktorá rozdeľuje pôdne typy do štyroch skupín podľa ich schopnosti zadržiavať či prepúšťať dažďovú vodu. Hydrologické vlastnosti pôd v povodí sú základnou charakteristikou, ktorá musí byť v povodí analyzovaná. Pre potreby požívania metódy CN-krivky rozdeľujeme pôdy na 4 kategórie a to podľa ich infiltračných vlastností.

Kategória pôd	Vsakovacie a drenážne vlastnosti pôd	Charakteristické pôdne druhy
A	*Pôdy s vysokou infiltračnou schopnosťou i pri ich úplnom nasýtení vodou*	*Hlboké piesky a Štrky*
B	*Pôdy so strednou schopnosťou vsaku i pri ich úplnom nasýtení vodou a s dobrou drenážou*	*Stredne hlboké až hlboké piesočnaté a hlinitopiesočnaté pôdy*
C	*Pôdy s malou schopnosťou vsaku pri úplnom nasýtení a s nízkou drenážou*	*Ílovito hlinité až ílovité plytké pôdy*
D	*Pôdy s veľmi malou infiltračnou schopnosťou a bez drenáže*	*Íly, alebo pôdy s ináč obmedzenou drenážou a infiltračnou schopnosťou*

Tabuľka 3: Hydrologické kategórie pôdy pre „CN" -metódu[7]

Kód	Druh pôdy	Hydrologická kategória
01	*Ľahké*	*A*
02	*Stredne ťažké*	*B*
03	*Ťažké*	*C*
04	*Veľmi ťažké*	*D*

Tabuľka 4: Základná hydrologická kategória pôd pre metódu CN-kriviek

Hydrologické vlastnosti pôdneho krytu

Väčšina územia mesta Michalovce sa nachádza pôdach kategórie B - stredne ťažké pôdy; stredne ťažké pôdy - ľahšie - stredne hlbokých až hlbokých piesočnatých a hlinitopiesočnatých pôdach - Pôdy so strednou schopnosťou vsaku aj pri ich úplnom nasýtení vodou a s dobrou drenážou.

Na odtokových územiach 14, 17 a 18 ale prevládajú pôdy kategórie C – tažké pôdy; pôdy s malou schopnosťou vsaku pri úplnom nasýtení a s nízkou drenážou, Ílovito hlinité až ílovité plytké pôdy.

[7] Ven Te Chow, 1964

Úhrn extrémnej prívalovej zrážky

Zrážkový úhrn je základným vstupom pre metódu CN kriviek. Predpokladá sa rovnomerné rozloženie po celej ploche vyšetrovaného územia. Veľkosť zrážky sa udáva podľa zrážkovej činnosti na vyšetrovanom území. V prípade mesta Michalovce sa jedná o jednorazovú extrémnu zrážku 60 mm.

Výpočet metódou CN- kriviek - Určenie hodnoty CN krivky

Pre potreby výpočtu povodňového odtoku sa určuje hodnota CN, v rozpätí od 0 - 100, pričom hodnota CN = 100 znamená, že všetka zrážková voda, ktorá na povodie, alebo jeho časť dopadne, odtečie ako povrchový odtok a hodnota CN = 0 znamená, že všetka zrážková voda vsiakne. Pre každé odtokové územie potrebujeme určiť číslo krivky CN, ktoré je závislé na type pôdy (z hydrologického hľadiska) a jej pokrývky.

Výpočet povrchového odtoku

Metóda CN kriviek umožňuje určiť základné odtokové charakteristiky povodia, a to:

$$A = 25{,}4\left(\frac{1000}{CN} - 10\right) \qquad \text{(mm)}$$

$$H_{O,p} = \frac{(H_Z - 0{,}2 \cdot A)^2}{H_Z + 0{,}8 \cdot A} \qquad \text{(mm)}$$

$$O_{O.p} = (H_{O.p} \cdot S_p)/1000 \qquad (m^3)$$

kde:

***A** - potenciálna retencia riešenej plochy [mm],*
*Hodnota **CN** - kriviek riešenej plochy,*
***$H_{O.p}$** - výška povrchového odtoku z riešenej plochy, vyvolaná uvažovaným dažďom [mm],*
***H_Z** - výška extrémneho dažďa [mm],*
***CN** - hodnota krivky riešenej plochy,*
***$O_{O.p}$** - objem povrchového odtoku z riešenej plochy, spôsobený extrémnym dažďom [m^3],*
***S_p** - plocha vyšetrovaného územia [m^2].*

Na určenie objemu odtoku dažďovej vody pre každý typ povrchu bolo potrebné poznať výmeru v m^2 rôznych druhov využitia pozemku v katastrálnom území mesta (Sp). Ďalej bolo potrebné poznať výšku ročného maxima 1-dňových úhrnov zrážok v pravdepodobnosťou opakovania raz za 1 rok v mm (HZ), v riešenej lokalite sa jedná o zrážku 60 mm. Ďalším parametrom, ktorý vstupoval do výpočtu povrchového odtoku dažďovej vody je CN krivka. Tá bola pridelená ku každému druhu pozemku podľa kategórie pôdy zvlášť.

3.2 Zastúpenie jednotlivých typov štruktúry krajiny

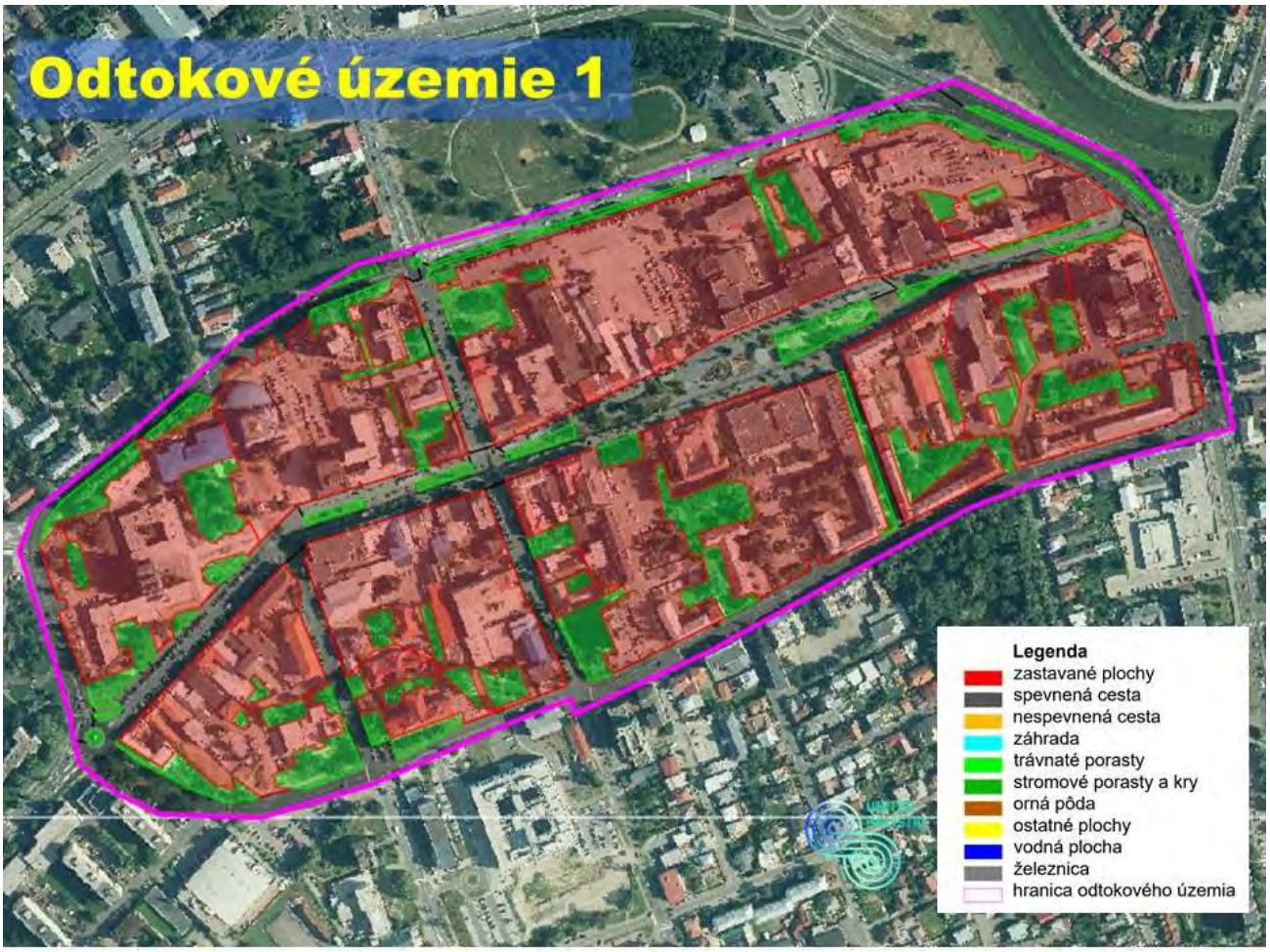
Na základe vyššie zadefinovaných kritérií sme pre jednotlivé výmery odtokových území a ich krajinnej štruktúry vypočítali objem odtoku pri extrémnej prívalovej zrážke 60 mm. V každom odtokovom území je zadefinovaná výmera, druh plochy, jeho rozloha a k nemu vypočítaný objem odtoku povodňovej vody pri extrémne prívalovej zrážke 60 mm. Každému odtokovému územiu prislúcha jedna tabuľka a v jej závere uvedený sumárny odtok povodňovej vody, ktorá sa podieľa na tvorbe povodňovej vlny.

Odtokové územie 1

Odtokové územie 1 tvorí centrálna časť historického jadra Michaloviec, ktorá je veľmi zurbanizovaná. Z 33,9 hektárov je až takmer 64% zastavanej plochy. Spolu s dopravnou infraštruktúrou je to takmer 85%. Čo sa týka odkanalizovania dažďovej vody, tvorí to 98% z celkového objemu. Vyše 38% z celkovej zrážky z územia odteká.

Odtokové územie 1	Výmera v m^2	% plochy	Objem odtoku v m^3	% podielu odtoku
Zastavaná plocha a nádvorie	216 418	63,85	5 238,37	67,24
Cesta spevnená	71 342	21,05	2 419,00	31,05
Trávnaté porasty	51 165	15,1	133,1	1,71
Spolu	**338 925**	**100**	**7 790,47**	**100**

Tabuľka 5: Výpočet odtoku dažďovej vody z rôznych typov povrchov v odtokovom území 1



Obrázok 7: Využitie územia v odtokovom území 1

Celkový odtok z extrémnej zrážky (60 mm) dopadajúcej na odtokové územie 1 je 7 790 m^3, z čoho pramení, že tu sa tvorí ohrómne teplo, ktorá znižuje príťažlivosť historického jadra občanov mesta navštevovať ho v letnom období.

Odtokové územie 2

Odtokové územie číslo 2 lemuje historické jadro zo severovýhodnej časti mesta. Striedajú sa tu parky, individuálna zástavba s bytovými domami. Dominantné sú tu parky a verejná zeleň. Spolu so záhradami je to viac ako 52% zelene. Zo 48,5 hektára je tu zurbanizovaných približne 23 ha (zástavba a dopravná infraštruktúra) čo tvorí 47,5 % územia. Z hľadiska indexu klímy je územie vyvážené. Z celkového úhrnu zrážky z územia odteká takmer 26% dažďovej vody.

Odtokové územie 2	Výmera v m^2	% plochy	Objem odtoku v m^3	% podielu odtoku
Zastavaná plocha a nádvorie	147 639	30,46	3 573,58	47,76
Cesta spevnená	83 059	17,14	2 816,28	37,64
Záhrada	27 872	5,75	254,62	3,4
Trávnaté porasty	168 596	34,79	438,6	5,86
Stromové porasty a kry	57 511	11,87	399,69	5,34
Spolu	**484 677**	**100**	**7 482,77**	**100**

Tabuľka 6: Výpočet odtoku dažďovej vody z rôznych typov povrchov v odtokovom území 2

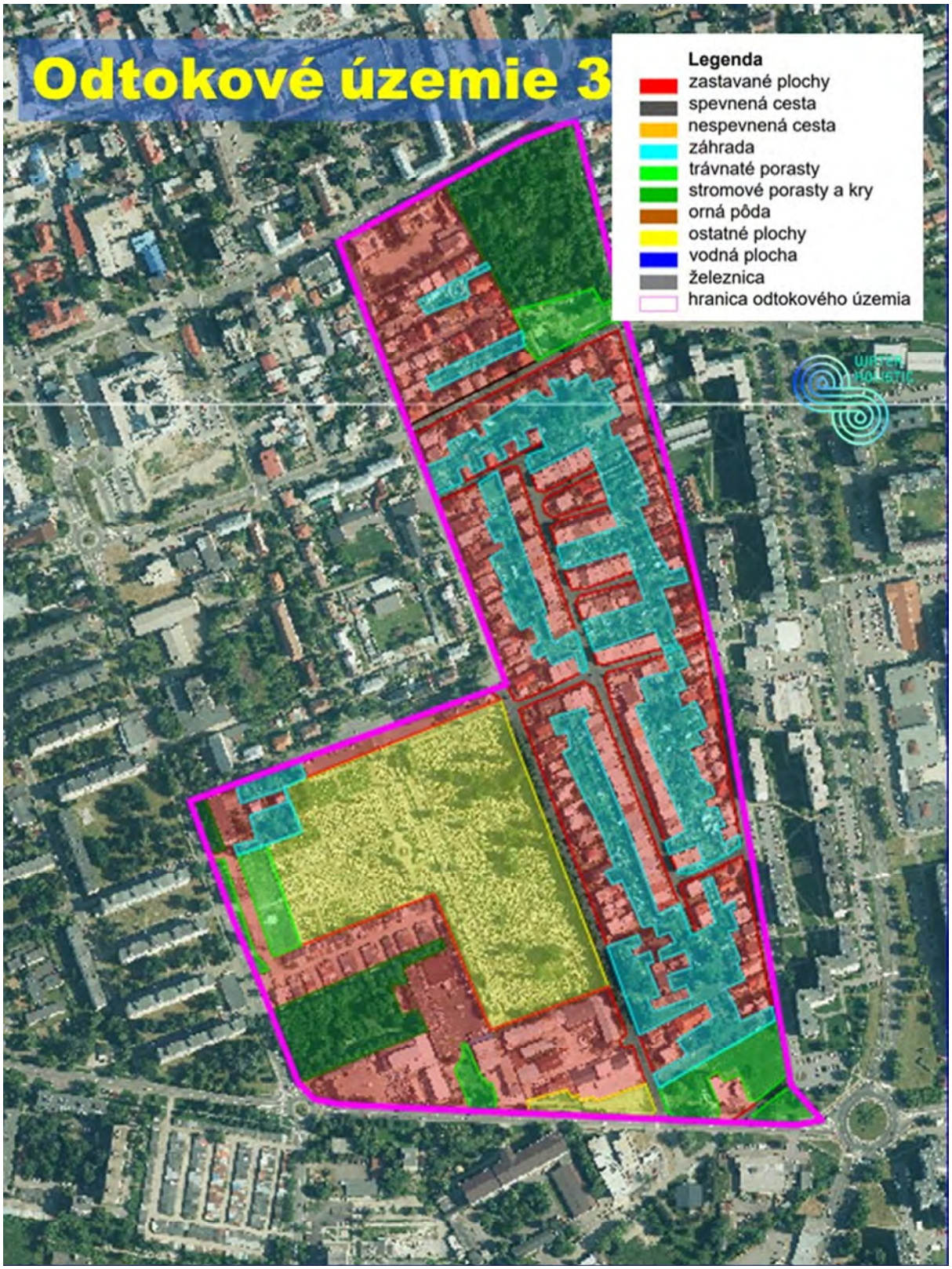
Obrázok 8: Využitie územia v odtokovom území 2

Odtokové územie 3

Odtokové územie číslo 3 sa tiahne na juhovýchod od historického jadra. Striedajú sa tu parky, individuálna zástavba s bytovými domami. Charakteristickým znakom tohto územia je individuálna radová zastavba, nízkopodlažné bytové domy a cintorín o ploche takmer 36,7 hektárov. Zastavané plochy a spevnené komunikácie zaberajú takmer 50% plochy. Podiel odtoku z týchto plôch dosahuje 64%. Celkovo z územia odteká je to 6 090 m^3, čo je viac ako 33 % z celkového úhrnu zrážky, ktoré na územie dopadá.

Odtokové územie 3	Výmera v m^2	% plochy	Objem odtoku v m^3	% podielu odtoku
Zastavaná plocha a nádvorie	129 393	42,19	3 131,94	51,42
Cesta spevnená	22 259	7,26	754,74	12,39
Záhrada	51 541	16,81	470,85	7,73
Trávnaté porasty	16 069	5,24	41,8	0,69
Stromové porasty a kry	29 472	9,61	204,83	3,36
Ostatné plochy	57 924	18,89	1 486,17	24,4
Spolu	**306 658**	**100**	**6 090,33**	**100**

Tabuľka 7: Výpočet odtoku dažďovej vody z rôznych typov povrchov v odtokovom území 3



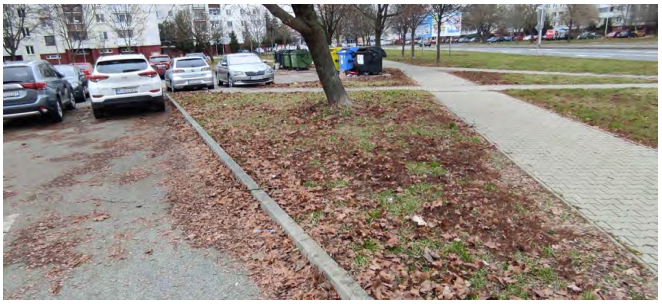
Obrázok 9: Využitie územia v odtokovom území 3

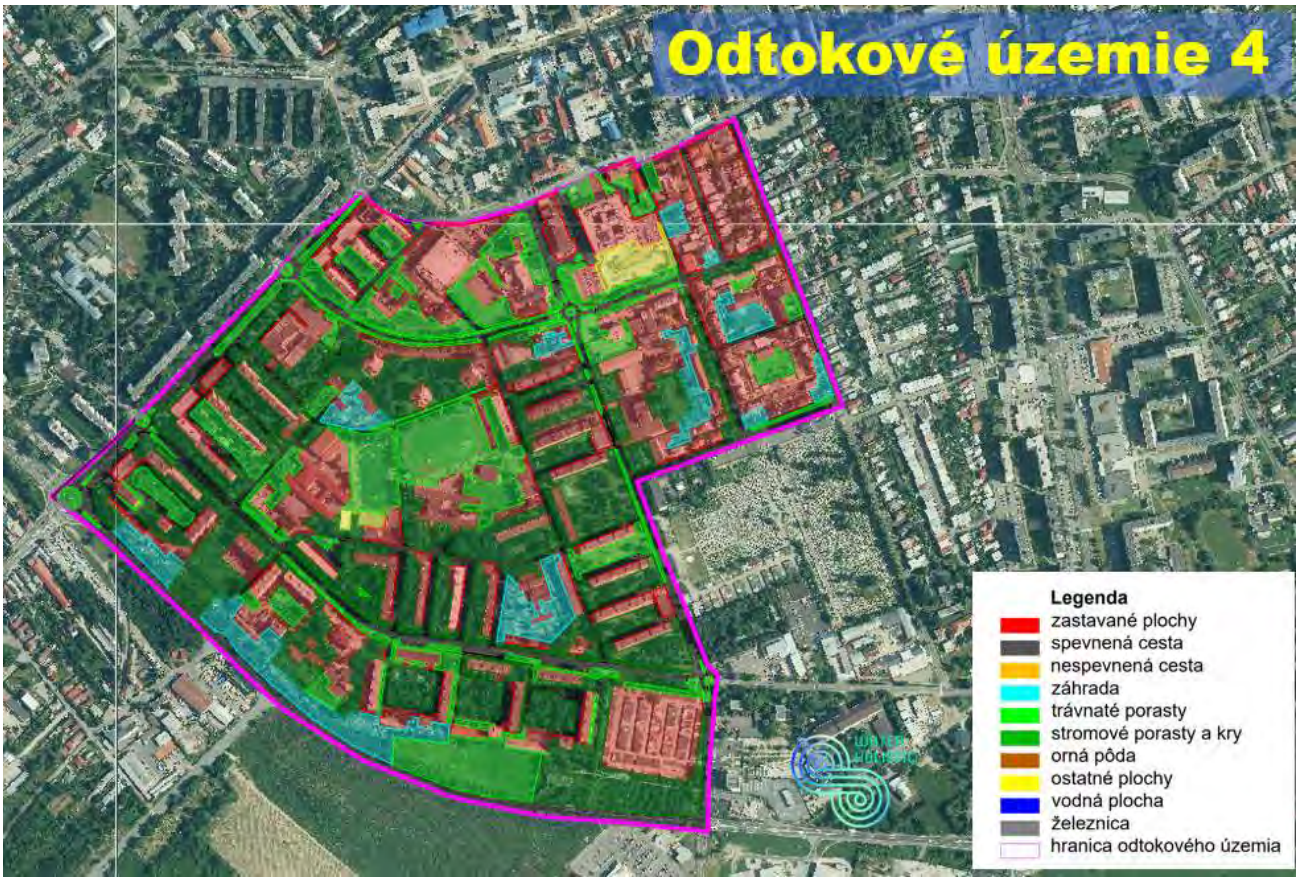
Odtokové územie 4

Z odtokového územia 4 s rozlohou necelých 70,4 hektárov na juh od centrálnej historickej zóny zastavanosť s dopravnou infraštruktúrou dosahuje takmer 56%. Z takmer 13 000 m^3 odtekajúcej vody, ktorú je možné využiť pre ozdravenie klímy, spolu takmer 11 000 m^3 odteká z urbanizovaných plôch (85%). Z celkového úhrnu zrážky z územia odteká vyše 30% dažďovej vody.

Odtokové územie 4	Výmera v m^2	% plochy	Objem odtoku v m^3	% podielu odtoku
Zastavaná plocha a nádvorie	256 103	36,37	6 198,94	48,48
Cesta spevnená	137 672	19,55	4 668,05	36,5
Záhrada	39 711	5,64	362,77	2,84
Trávnaté porasty	105 207	14,94	273,69	2,14
Stromové porasty a kry	158 429	22,5	1 101,05	8,61
Ostatné plochy	7 130	1,01	182,94	1,43
Spolu	**704 252**	**100**	**12 787,44**	**100**

Tabuľka 8: Výpočet odtoku dažďovej vody z rôznych typov povrchov v odtokovom území 4





Obrázok 10: Využitie územia v odtokovom území 4

Odtokové územie 5

Odtokové územie 5 o veľkosti 11 hektárov má 60 %-nú zastavanosť a tiahne sa na juhu pozdĺž okružnej križovatky. Pri 60 mm zrážke odteká zo zastavaných území a cestnej infraštruktúry dohromady 2 200 m^3, čo predstavuje 83,24%. Z celkového úhrnu zrážky z územia odteká vyše 32% dažďovej vody.

Odtokové územie 5	Výmera v m^2	% plochy	Objem odtoku v m^3	% podielu odtoku
Zastavaná plocha a nádvorie	48 370	42,74	1 170,79	53,1
Cesta spevnená	19 601	17,32	664,61	30,14
Trávnaté porasty	13 139	11,61	34,18	1,55
Stromové porasty a kry	26 041	23,01	180,98	8,21
Ostatné plochy	6 018	5,32	154,4	7
Spolu	**113 169**	**100**	**2 204,96**	**100**

Tabuľka 9: Výpočet odtoku dažďovej vody z rôznych typov povrchov v odtokovom území 5

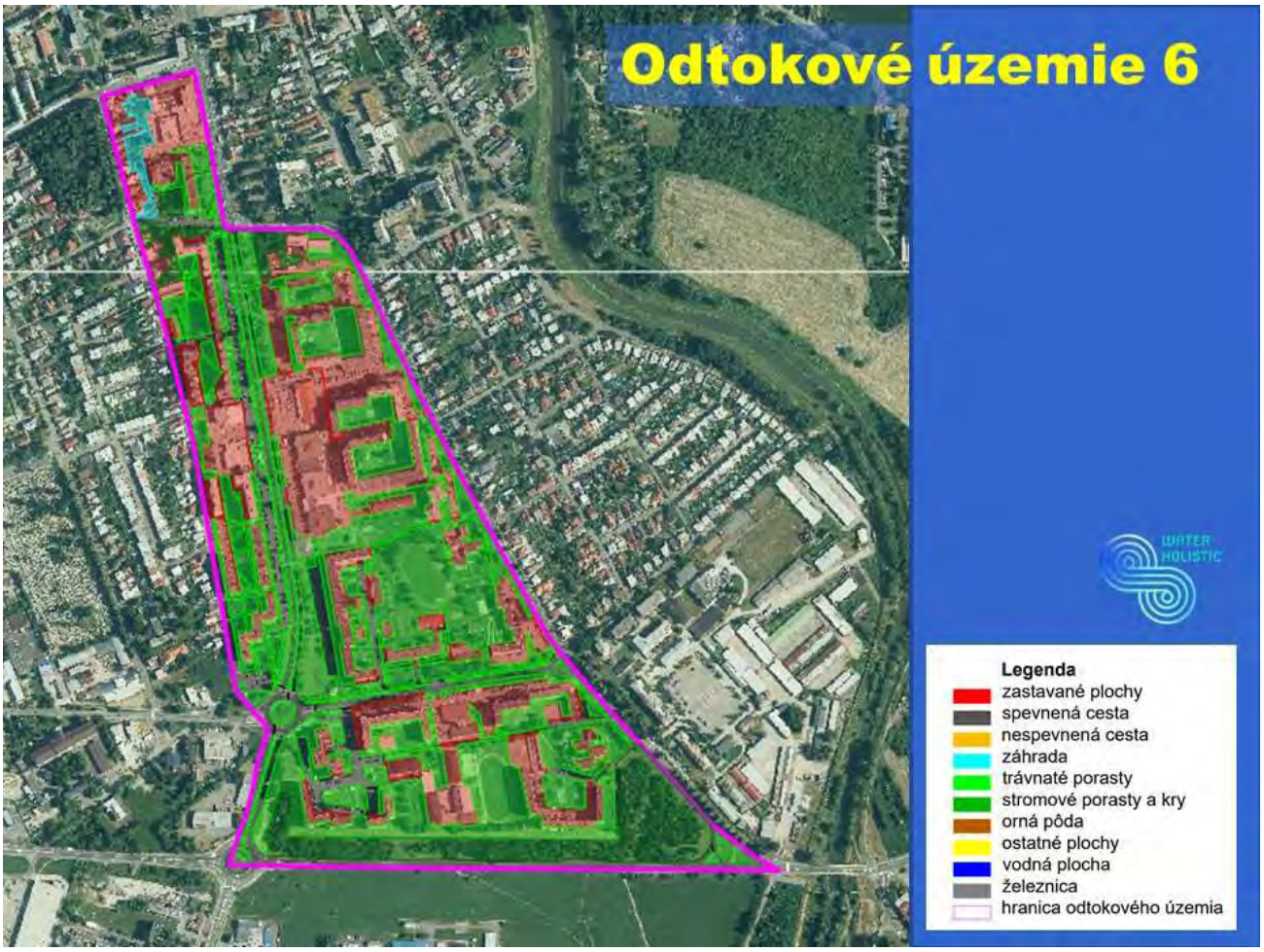
Obrázok 11: Využitie územia v odtokovom území 5

Odtokové územie 6

Územie o výmere takmer 51 ha sa nachádza východne od územia číslo 3 a charakteristickým znakom sú vysoké obytné súbory, v ktorých manažment dažďovej vody je technologický riešený zvodmi v bytových jadrách. Z územia odteká takmer 10 000 m^3 dažďovej vody. Pri zastavanosti územia takmer 55% plochy odteká zo zastavaných častí až 92% z celkového odtoku z územia. Zmeniť manažment dažďovej vody na týchto bytových domoch je náročnejší. Vhodné možné opatrenia sú prostredníctvom zelených striech. Z celkového úhrnu zrážky z územia odteká vyše 32% vody.

Odtokové územie 6	Výmera v m^2	% plochy	Objem odtoku v m^3	% podielu odtoku
Zastavaná plocha a nádvorie	199 177	39,15	4 821,05	48,36
Cesta spevnená	79 884	15,7	4 329,59	43,43
Záhrada	3 864	0,76	35,3	0,35
Trávnaté porasty	180 761	35,53	470,24	4,72
Stromové porasty a kry	45 051	8,86	313,1	3,14
Spolu	**508 737**	**100**	**9 969,28**	**100**

Tabuľka 10: Výpočet odtoku dažďovej vody z rôznych typov povrchov v odtokovom území 6



Obrázok 12: Využitie územia v odtokovom území 6

Odtokové územie 7

Územie o výmere takmer 52 ha individuálnej bytovej zástavby z východnej strany lemuje rieka Laborec. Pri zastavanosti územia takmer 55% plochy odteká zo zastavaných častí až 82% z celkového odtoku z územia. Z celkového úhrnu zrážky z územia odteká vyše 26% dažďovej vody.

Odtokové územie 7	Výmera v m^2	% plochy	Objem odtoku v m^3	% podielu odtoku
Zastavaná plocha a nádvorie	211 686	41,08	5 123,83	62,24
Cesta nespevnená	71 404	13,86	1 628,84	19,79
Záhrada	95 120	18,46	868,96	10,56
Trávnaté porasty	78 823	15,3	205,06	2,49
Stromové porasty a kry	58 280	11,31	405,04	4,92
Spolu	**515 313**	**100**	**8 231,73**	**100**

Tabuľka 11: Výpočet odtoku dažďovej vody z rôznych typov povrchov v odtokovom území 7

Obrázok 13: Využitie územia v odtokovom území 7

Odtokové územie 8

Územie o výmere takmer 21 ha Michalovských kasárni tvorí mix objektov aj s dopravnou infraštruktúrou, z ktorých odteká pri 60 mm intenzívnej zrážke takmer 3 500 m^3 so zaustením do rieky Laborec. Pri zastavanosti územia takmer 61% plochy odteká zo zastavaných častí až 94% z celkového odtoku z územia. Z celkového úhrnu zrážky z územia odteká takmer 28% dažďovej vody.

Odtokové územie 8	Výmera v m^2	% plochy	Objem odtoku v m^3	% podielu odtoku
Zastavaná plocha a nádvorie	104 937	50,57	2 539,99	73,36
Cesta spevnená	20 944	10,09	710,15	20,51
Trávnaté porasty	81 616	39,33	212,32	6,13
Spolu	**207 497**	**100**	**3 462,46**	**100**

Tabuľka 12: Výpočet odtoku dažďovej vody z rôznych typov povrchov v odtokovom území 8

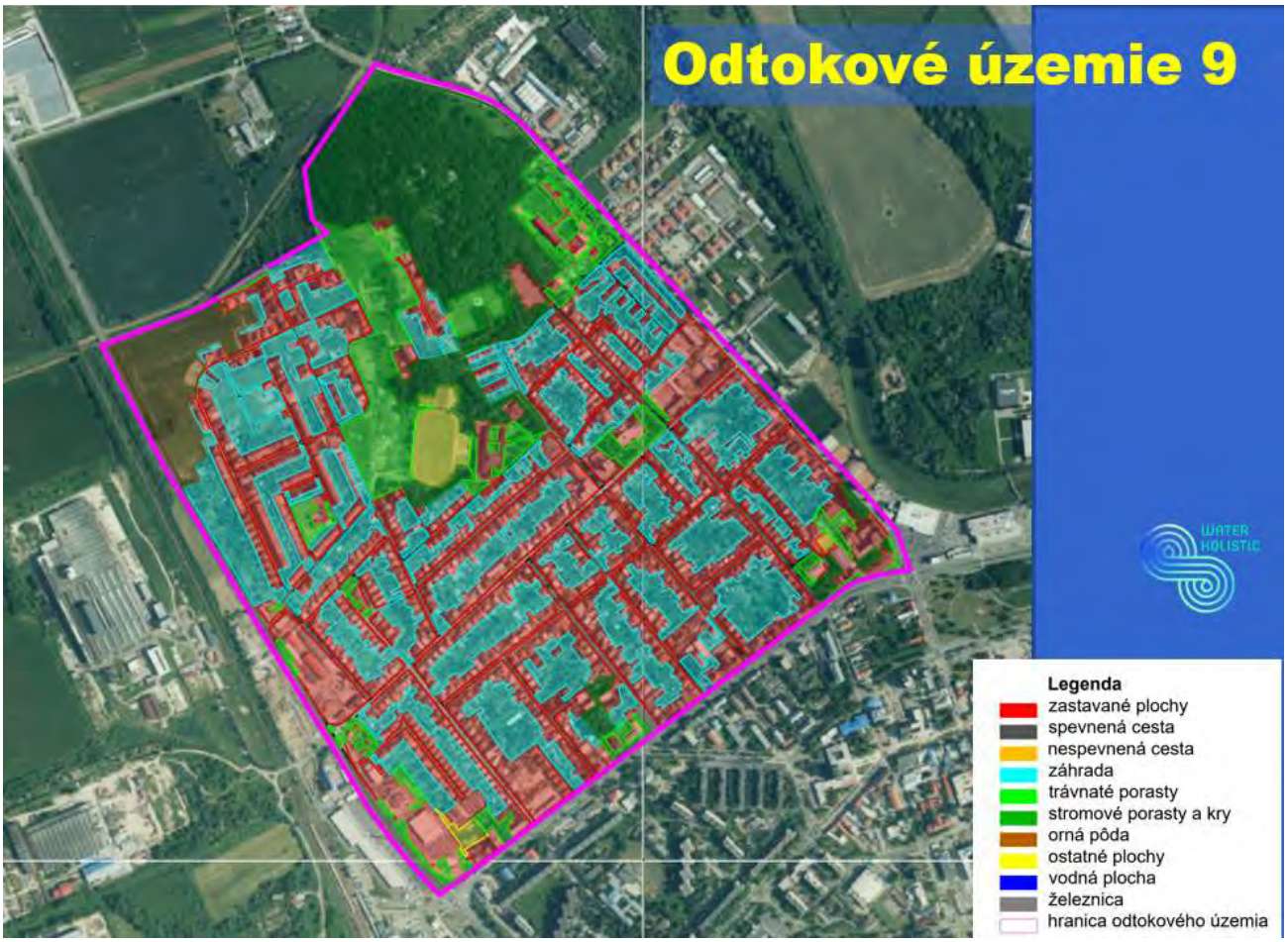
Obrázok 14: Využitie územia v odtokovom území 8

Odtokové územie 9

161 hektárové územie s individuálnou bytovou zástavbou. Celkový odtok dažďovej vody pri 60 milimetrovej zrážke cca 28 tisíc kubických metrov vody, čo predstavuje vyše 29% z celkového úhrnu zrážky, ktorú je možné využiť pre potreby ozdravenia klímy.

Odtokové územie 9	Výmera v m^2	% plochy	Objem odtoku v m^3	% podielu odtoku
Zastavaná plocha a nádvorie	605 039	37,58	14 644,89	51,95
Cesta spevnená	203 621	12,65	6 904,18	24,49
Záhrada	382 139	23,73	3 490,98	12,38
Trávnaté porasty	132 048	8,2	343,52	1,22
Stromové porasty a kry	210 560	13,08	1 463,36	5,19
Orná pôda	51 601	3,2	697,76	2,48
Ostatné plochy	25 200	1,57	646,56	2,29
Spolu	**1 610 208**	**100**	**28 191,25**	**100**

Tabuľka 13: Výpočet odtoku dažďovej vody z rôznych typov povrchov v odtokovom území 9



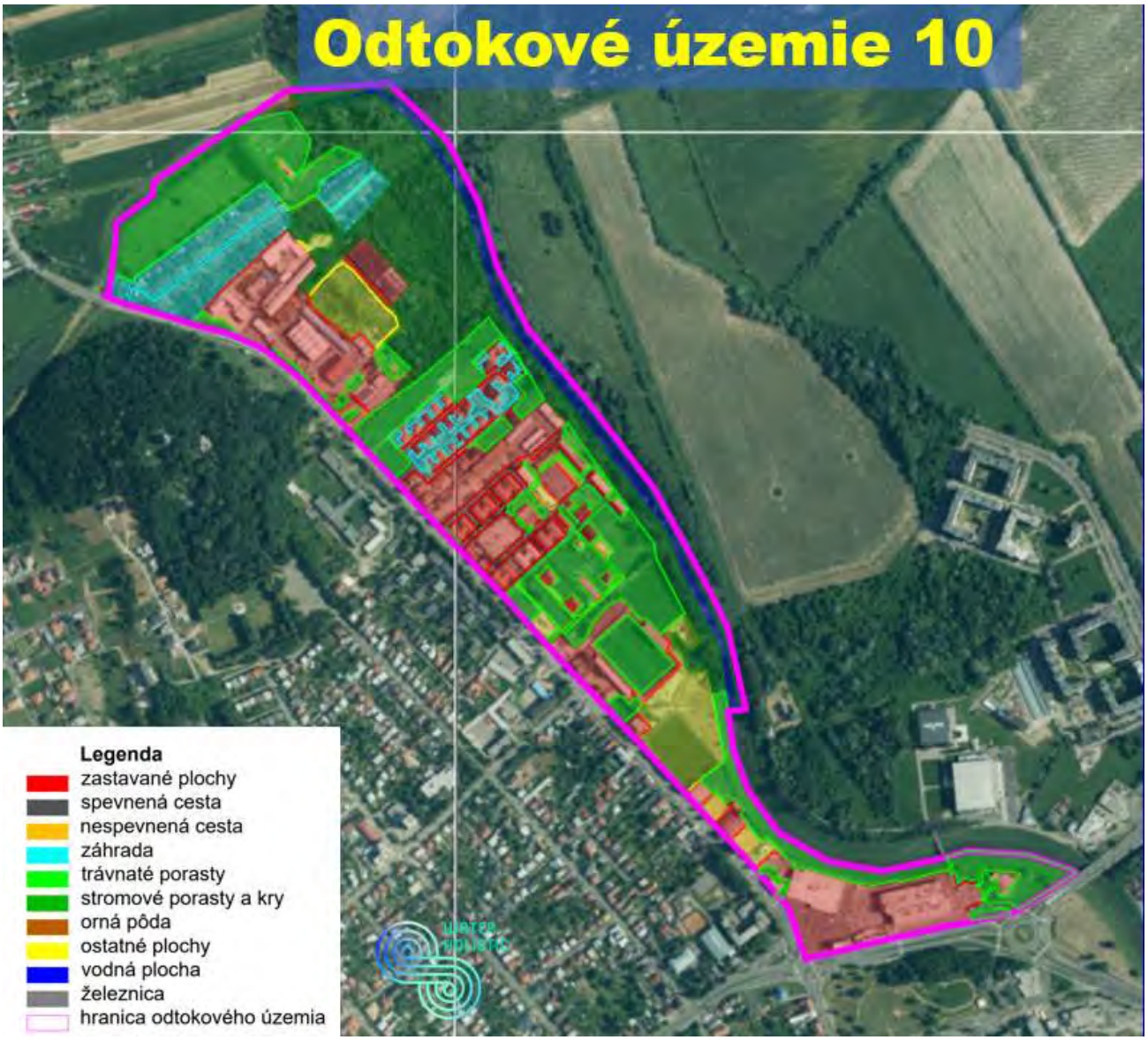
Obrázok 15: Využitie územia v odtokovom území 9

Odtokové územie 10

Charakteristickým znakom tejto lokality sú lemujúce obchodné centrá pozdlž rieky Labore, do ktorej sú zaustené výpuste odtekajúcej dažďovej vody. Územie o výmere takmer 53 ha z ktorého odteká pri 60 mm intenzívnej zrážke takmer 7 000 m^3. Pri zastavanosti územia vyše 32 % plochy odteká zo zastavaných častí až 62% z celkového odtoku z územia. Z celkového úhrnu zrážky z územia odteká 22% dažďovej vody.

Odtokové územie 10	Výmera v m^2	% plochy	Objem odtoku v m^3	% podielu odtoku
Zastavaná plocha a nádvorie	152 927	28,89	3 701,58	52,98
Cesta spevnená	19 162	3,62	649,73	9,3
Cesta nespevnená	7 412	1,4	169,08	2,42
Záhrada	42 532	8,03	388,55	5,56
Trávnaté porasty	141 117	26,66	367,11	5,25
Stromové porasty a kry	102 445	19,35	711,98	10,19
Orná pôda	1 324	0,25	17,9	0,26
Ostatné plochy	38 220	7,22	980,62	14,04
Vodná plocha	24 232	4,58	0	0
Spolu	**529 371**	**100**	**6 986,55**	**100**

Tabuľka 14: Výpočet odtoku dažďovej vody z rôznych typov povrchov v odtokovom území 10



Obrázok 16: Využitie územia v odtokovom území 10

Odtokové územie 11

Len 16% plochy zastavaného územia o ploche 98 hektárov s bytovými domami a areálom Psychytiatrickej nemocnice na východnom pobreží rieky Laborec tvorí cca 10 tisíc kubických metrov odtoku dažďovej vody pri intenzívnej zrážke 60 milimetrov.

Odtokové územie 11	Výmera v m^2	% plochy	Objem odtoku v m^3	% podielu odtoku
Zastavaná plocha a nádvorie	88 686	9,04	2 146,63	21,19
Cesta spevnená	72 762	7,41	2 467,14	24,36
Cesta nespevnená	618	0,06	14,1	0,14
Záhrada	83 438	8,5	762,24	7,53
Trávnaté porasty	293 254	29,88	762,89	7,53
Stromové porasty a kry	245 084	24,97	1 703,29	16,82
Orná pôda	148 668	15,15	2 010,31	19,85
Ostatné plochy	10 213	1,04	262,04	2,59
Vodná plocha	38 636	3,94	0	0
Spolu	**981 359**	**100**	**10 128,64**	**100**

Tabuľka 15:Výpočet odtoku dažďovej vody z rôznych typov povrchov v odtokovom území 11

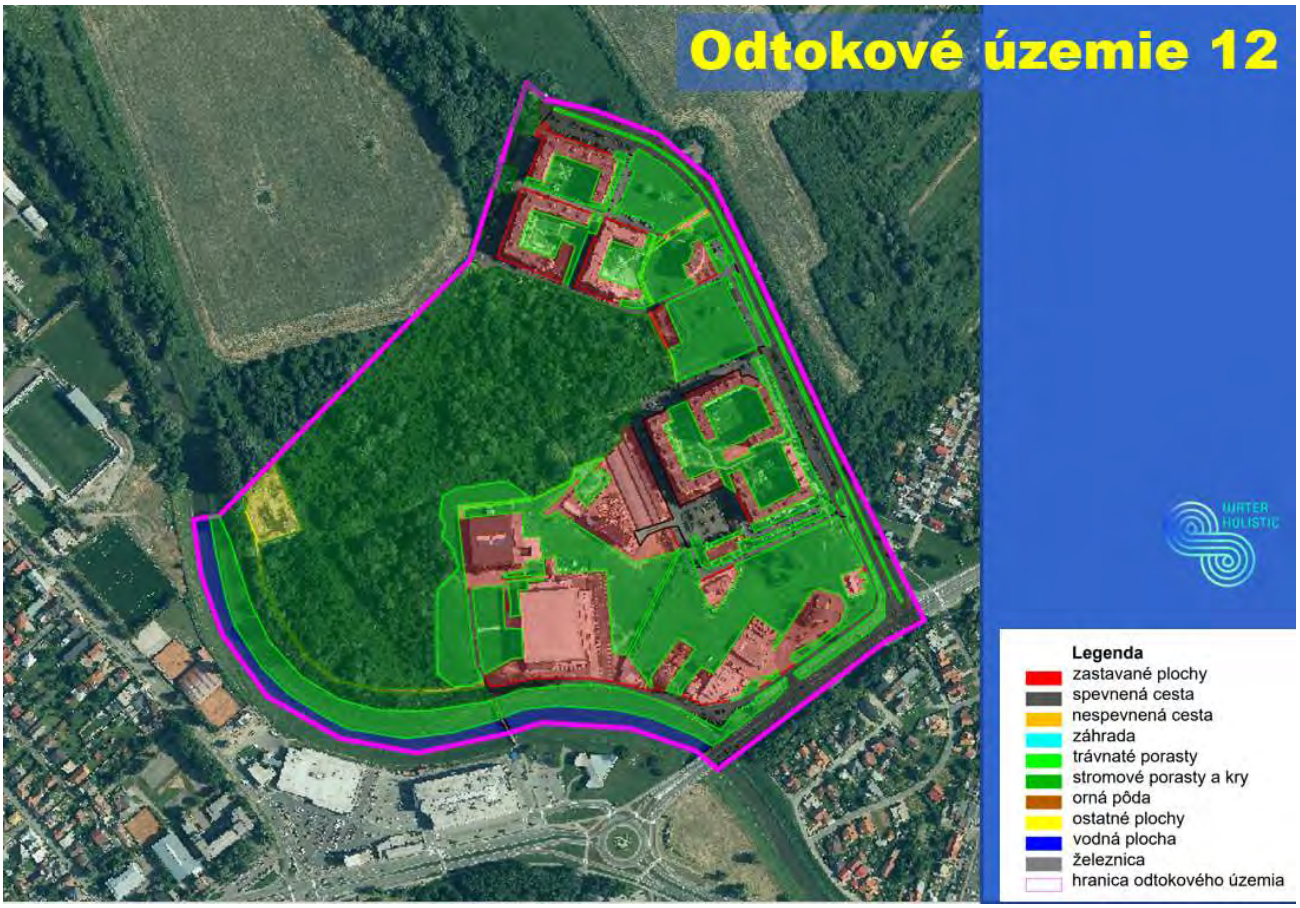
Obrázok 17: Využitie územia v odtokovom území 11

Odtokové územie 12

Z odtokového územia 12 s rozlohou takmer 38 hektárov na severovýchod od rieky Laborec odteká bez úžitku takmer 5 000 m^3 dažďovej vody. Pri zastavanosti územia vyše 27 % plochy odteká zo zastavaných častí viac ako 71% z celkového odtoku z územia. Z celkového úhrnu zrážky z územia odteká takmer 22% dažďovej vody.

Odtokové územie 12	Výmera v m^2	% plochy	Objem odtoku v m^3	% podielu odtoku
Zastavaná plocha a nádvorie	68 669	18,27	1 662,12	33,68
Cesta spevnená	34 326	9,13	1 860,42	37,7
Cesta nespevnená	3 088	0,82	70,44	1,43
Trávnaté porasty	119 117	31,7	309,88	6,28
Stromové porasty a kry	134 462	35,78	934,49	18,93
Ostatné plochy	3 818	1,02	97,96	1,98
Vodná plocha	12 339	3,28	0	0
Spolu	**375 819**	**100**	**4 935,31**	**100**

Tabuľka 16:Výpočet odtoku dažďovej vody z rôznych typov povrchov v odtokovom území 12



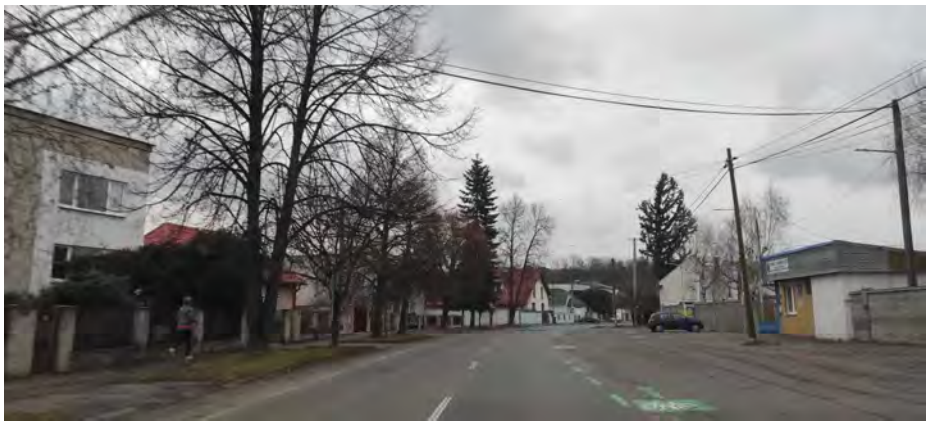
Obrázok 18: Využitie územia v odtokovom území 12

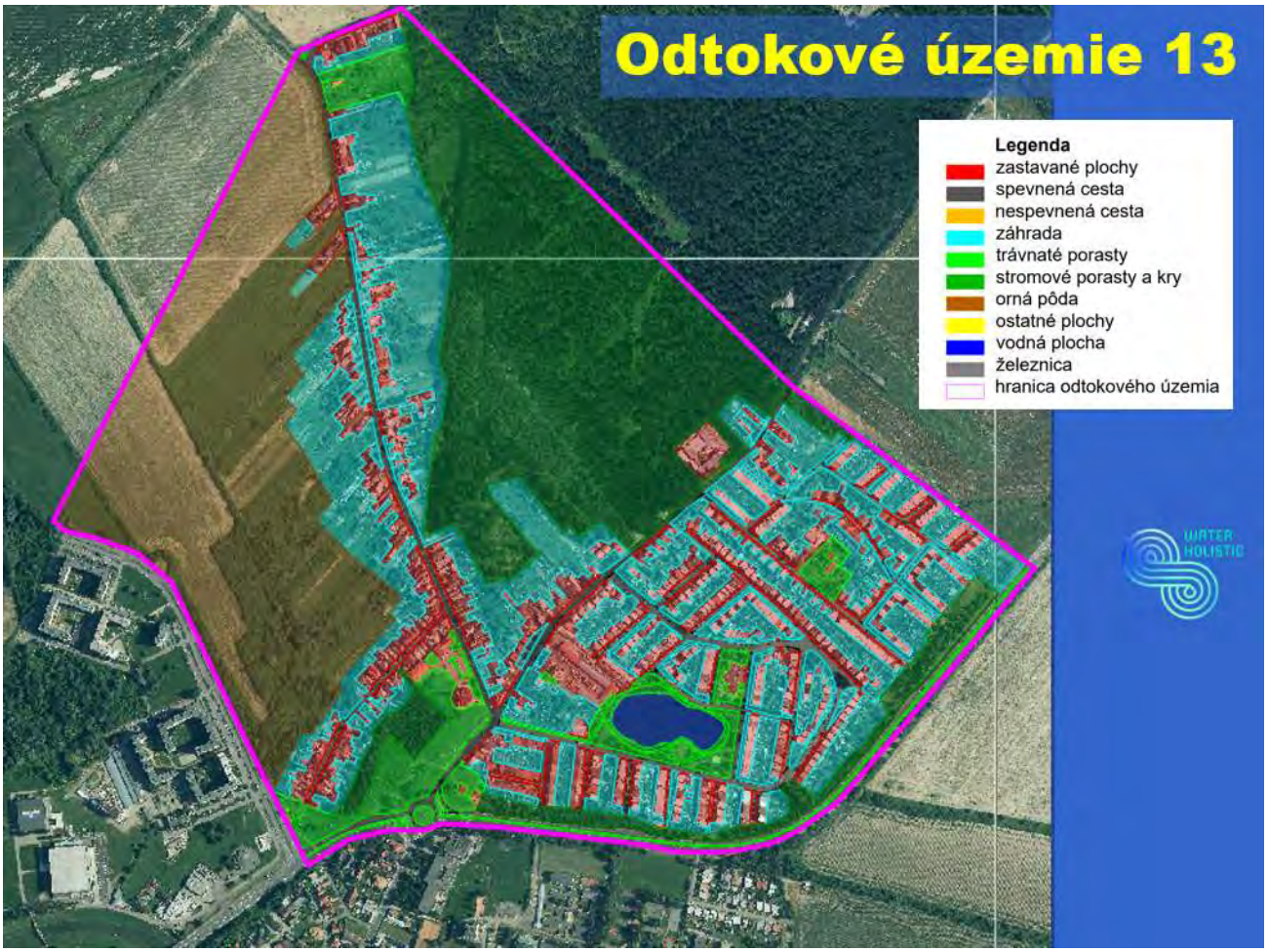
Odtokové územie 13

Z odtokového územia 13 s rozlohou viac ako 148 hektárov z dominantnou zástavbou individuálnej bytovej zástavby odteká viac ako 18 000 m^3 dažďovej vody, ktorú je možné potenciálne využiť na ozdravenie klímy. Pri zastavanosti územia vyše 20 % plochy odteká zo zastavaných častí viac ako 31% z celkového odtoku z územia. Z celkového úhrnu zrážky z územia odteká takmer 21% dažďovej vod.

Odtokové územie 13	Výmera v m^2	% plochy	Objem odtoku v m^3	% podielu odtoku
Zastavaná plocha a nádvorie	240 238	16,18	5 814,93	31,11
Cesta spevnená	57 315	3,86	1 943,38	10,4
Záhrada	339 880	22,89	3 104,93	16,61
Trávnaté porasty	71 159	4,79	185,12	0,99
Stromové porasty a kry	404 135	27,22	2 808,67	15,03
Orná pôda	357 582	24,09	4 835,27	25,87
Vodná plocha	14 289	0,96	0	0
Spolu	**1 484 598**	**100**	**18 692,30**	**100**

Tabuľka 17: Výpočet odtoku dažďovej vody z rôznych typov povrchov v odtokovom území 13





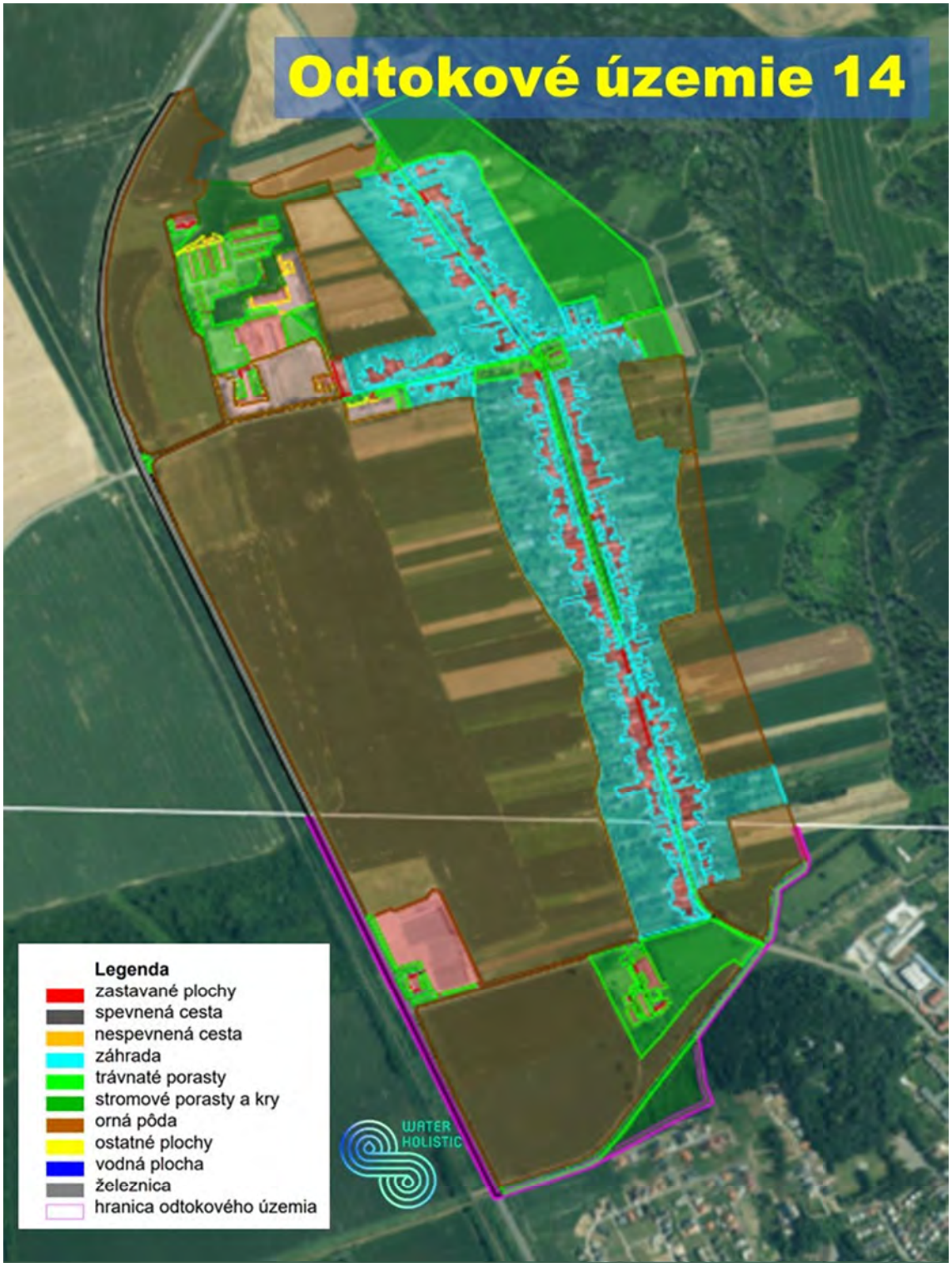
Obrázok 19: Využitie územia v odtokovom území 13

Odtokové územie 14

Z odtokového územia 14 s rozlohou takmer 246 hektárov odteká viac ako 51 000 m^3 dažďovej vody. Pri zastavanosti územia iba 14% plochy odteká zo zastavaných častí 19% z celkového odtoku z územia. Z celkového úhrnu zrážky z územia odteká 35% dažďovej vody.

Odtokové územie 14	Výmera v m^2	% plochy	Objem odtoku v m^3	% podielu odtoku
Zastavaná plocha a nádvorie	200 359	8,15	4 849,66	9,4
Cesta spevnená	149 719	6,09	5 076,53	9,84
Cesta nespevnená	7 826	0,32	178,52	0,35
Záhrada	431 866	17,56	7 678,91	14,88
Trávnaté porasty	194 072	7,89	2 090,89	4,05
Stromové porasty a kry	52 224	2,12	869,43	1,68
Orná pôda	1 381 364	56,16	29 664,51	57,48
Ostatné plochy	39 431	1,6	1 198,56	2,32
Vodná plocha	2 948	0,12	0	0
Spolu	**2 459 809**	**100**	**51 607,01**	**100**

Tabuľka 18:Výpočet odtoku dažďovej vody z rôznych typov povrchov v odtokovom území 14



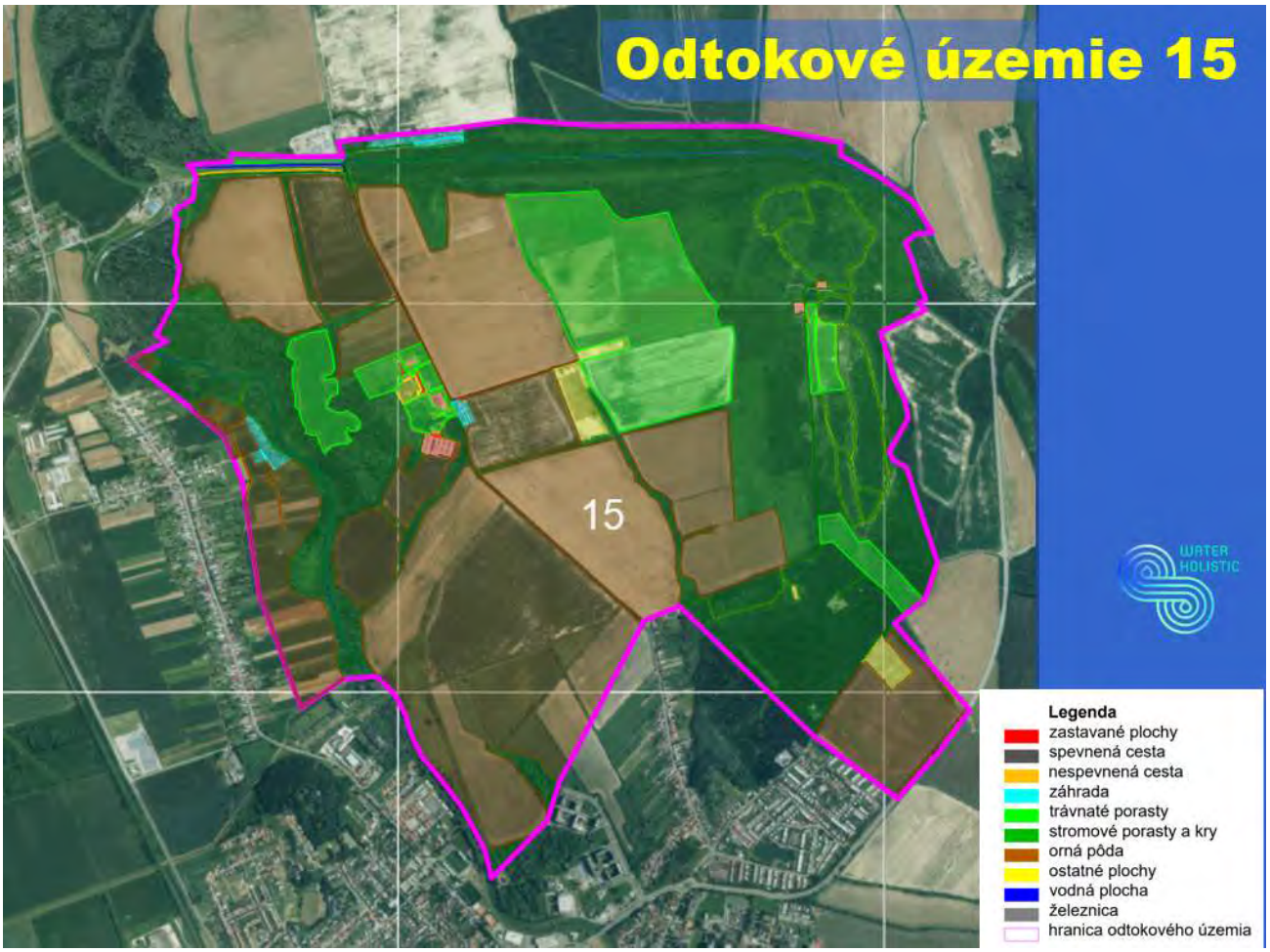
Obrázok 20: Využitie územia v odtokovom území 14

Odtokové územie 15

Z odtokového územia 15 s rozlohou viac ako 108 hektárov z dominantným zastúpením poľnohosodárske pôdy odteká pre intenzívnej zrážke 60 mm viac ako 110 000 m^3 dažďovej vody, ktorú je možné využiť na zlepšenie úrodnosti poľnohospodárskej pôdy, sekvestráciou úhlíka a tým prispieť aj k ozdraveniu klímy mesta Michalovce. Z celkového úhrnu zrážky z územia odteká takmer 17 % dažďovej vody.

Odtokové územie 15	Výmera v m^2	% plochy	Objem odtoku v m^3	% podielu odtoku
Zastavaná plocha a nádvorie	43 414	0,4	1 050,83	0,95
Cesta spevnená	59 489	0,55	3 224,21	2,93
Cesta nespevnená	153 616	1,42	3 504,22	3,18
Záhrada	64 592	0,6	590,07	0,54
Trávnaté porasty	1 206 057	11,13	3 137,52	2,85
Stromové porasty a kry	4 147 659	38,27	28 825,52	26,16
Orná pôda	4 940 828	45,58	66 810,58	60,64
Ostatné plochy	118 209	1,09	3 032,91	2,75
Vodná plocha	105 022	0,97	0	0
Spolu	**10 838 886**	**100**	**110 175,86**	**100**

Tabuľka 19: Výpočet odtoku dažďovej vody z rôznych typov povrchov v odtokovom území 15



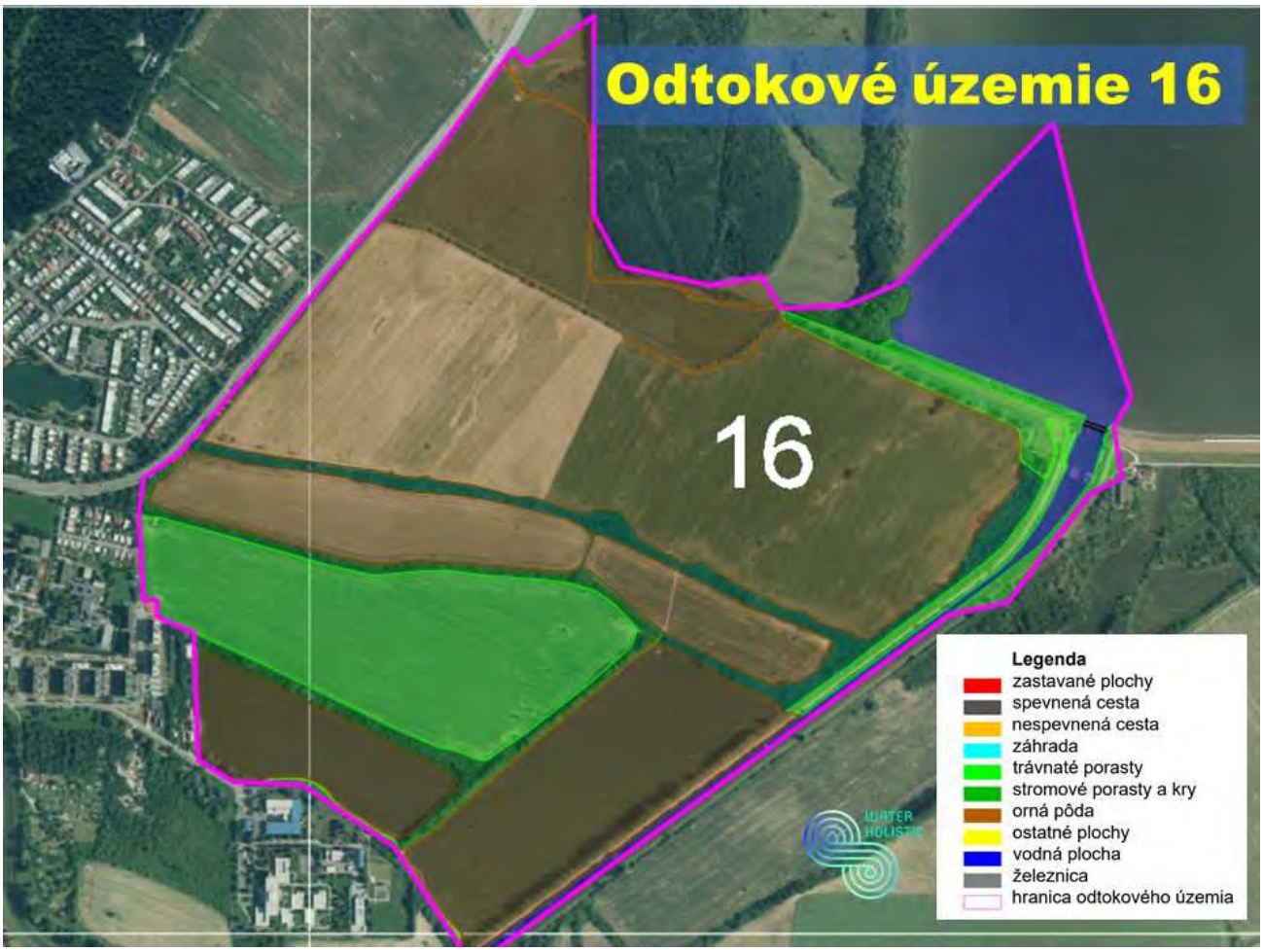
Obrázok 21: Využitie územia v odtokovom území 15

Odtokové územie 16

Z odtokového územia 16 s rozlohou viac ako 230 hektárov z dominantným zastúpením poľnohosodárske pôdy a zásahom do vodnej nádrži Zemplínska Šírava odteká pre intenzívnej zrážke 60 mm viac ako 23 000 m^3 dažďovej vody. Dažďovú vodu je možné využiť na zlepšenie úrodnosti poľnohospodárskej pôdy, sekvestráciou úhlíka a tým prispieť aj k ozdraveniu klímy mesta Michalovce. Z celkového úhrnu zrážky z územia odteká takmer 17 % dažďovej vody.

Odtokové územie 16	Výmera v m^2	% plochy	Objem odtoku v m^3	% podielu odtoku
Cesta spevnená	2 761	0,12	149,64	0,64
Cesta nespevnená	11 192	0,49	255,31	1,1
Trávnaté porasty	380 221	16,5	989,13	4,25
Stromové porasty a kry	165 557	7,18	1 150,59	4,95
Orná pôda	1 531 708	66,47	20 711,97	89,06
Vodná plocha	213 091	9,25	0	0
Spolu	**2 304 530**	**100**	**23 256,64**	**100**

Tabuľka 20: Výpočet odtoku dažďovej vody z rôznych typov povrchov v odtokovom území 16



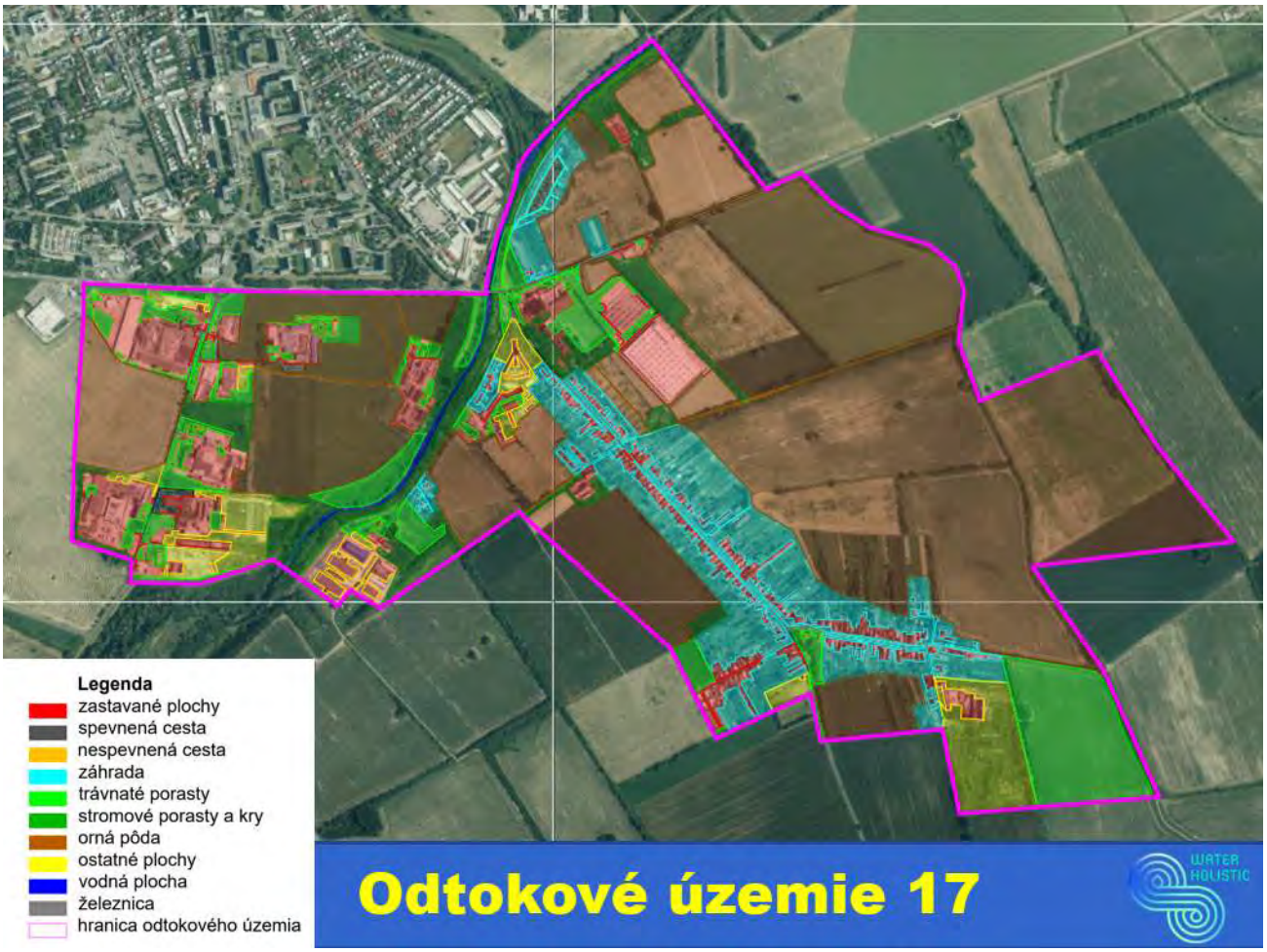
Obrázok 22: Využitie územia v odtokovom území 16

Odtokové územie 17

Z odtokového územia 17 s rozlohou viac ako 514 hektárov z dominantným zastúpením poľnohosodárske pôdy a 14 % zastavanosťou odteká pri intenzívnej zrážke 60 mm takmer 110 000 m^3 dažďovej vody. Dažďovú vodu o objeme 21 000 m^3 je možné využiť na ozdravenie klímy mesta a takmer 69 000 m^3 dažďovej vody na zlepšenie úrodnosti poľnohospodárskej pôdy, sekvestráciou úhlíka a tým prispieť aj k ozdraveniu klímy mesta Michalovce. Z celkového úhrnu zrážky z územia odteká 35 % dažďovej vody.

Odtokové územie 17	Výmera v m^2	% plochy	Objem odtoku v m^3	% podielu odtoku
Zastavaná plocha a nádvorie	625 180	12,16	15 132,40	13,88
Cesta spevnená	111 034	2,16	6 017,87	5,52
Cesta nespevnená	15 756	0,31	359,42	0,33
Záhrada	506 853	9,86	9 012,24	8,26
Trávnaté porasty	431 035	8,39	4 643,87	4,26
Stromové porasty a kry	304 992	5,93	5 077,56	4,66
Orná pôda	2 839 168	55,25	60 970,54	55,91
Ostatné plochy	258 095	5,02	7 845,18	7,19
Vodná plocha	47 103	0,92	0	0
Spolu	**5 139 216**	**100**	**109 059,08**	**100**

Tabuľka 21: Výpočet odtoku dažďovej vody z rôznych typov povrchov v odtokovom území 17



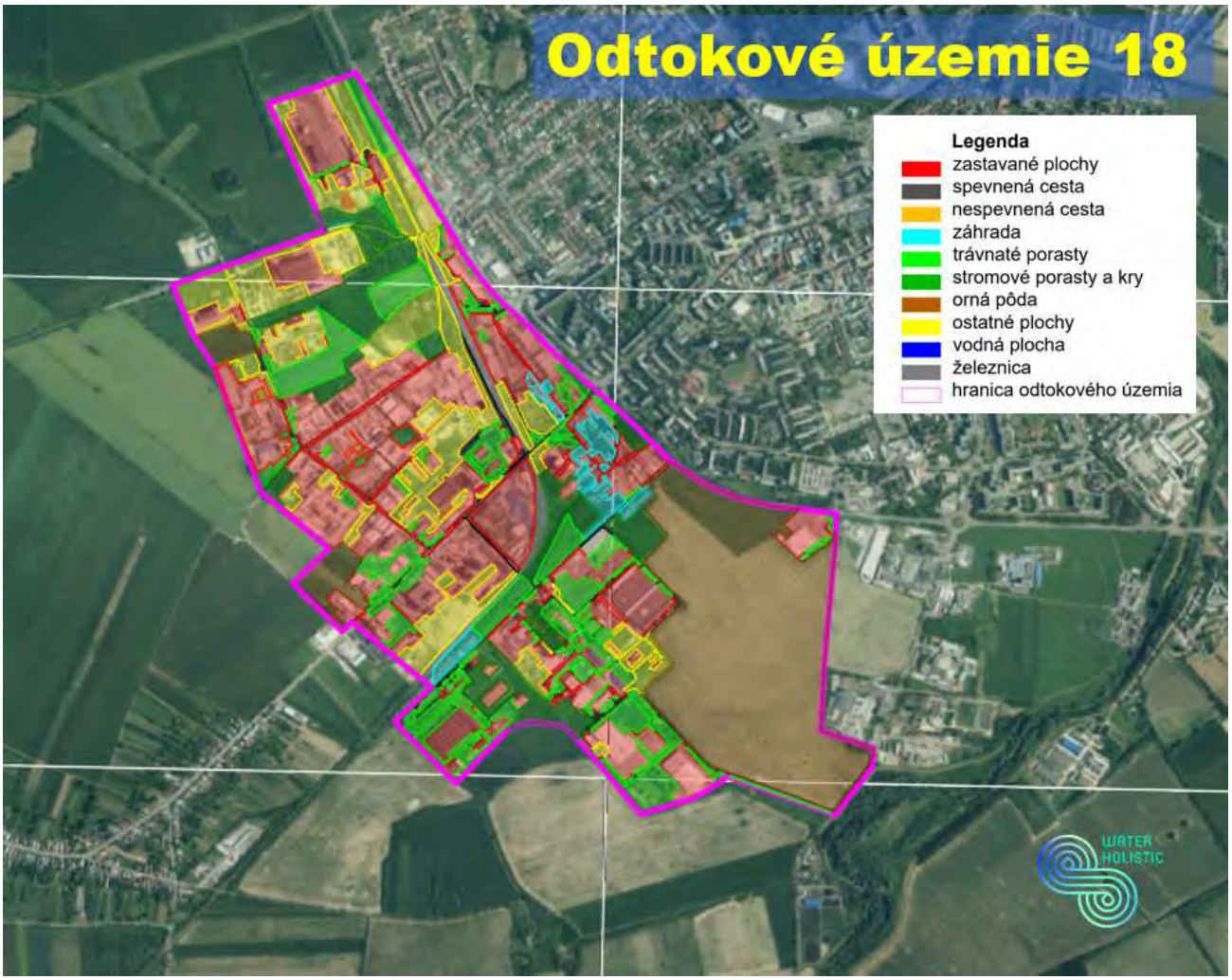
Obrázok 23: Využitie územia v odtokovom území 17

Odtokové územie 18

Z odtokového územia 18 s rozlohou viac ako 382 hektárov s 30% zastúpením poľnohospodárskej pôdy a 49 % zastavanosťou odteká pri intenzívnej zrážke 60 mm viac ako 102 000 m^3 dažďovej vody. Dažďovú vodu o objeme 62 000 m^3 je možné využiť na ozdravenie klímy mesta a cca 40 000 m^3 dažďovej vody na zlepšenie úrodnosti poľnohospodárskej pôdy, sekvestráciou úhlíka a tým prispieť aj k ozdraveniu klímy mesta Michalovce. Z celkového úhrnu zrážky z územia odteká takmer 45% dažďovej vody.

Odtokové územie 18	Výmera v m^2	% plochy	Objem odtoku v m^3	% podielu odtoku
Zastavaná plocha a nádvorie	1 278 669	33,46	30 950,02	30,27
Cesta spevnená	586 212	15,34	31 771,80	31,08
Cesta nespevnená	5 339	0,14	121,79	0,12
Záhrada	59 256	1,55	1 053,62	1,03
Trávnaté porasty	425 754	11,14	4 586,97	4,49
Stromové porasty a kry	215 712	5,65	3 591,21	3,51
Orná pôda	825 941	21,62	17 736,91	17,35
Ostatné plochy	361 664	9,46	10 993,31	10,75
Železnica	62 575	1,64	1 427,44	1,4
Spolu	**3 821 122**	**100**	**102 233,07**	**100**

Tabuľka 22: Výpočet odtoku dažďovej vody z rôznych typov povrchov v odtokovom území 18



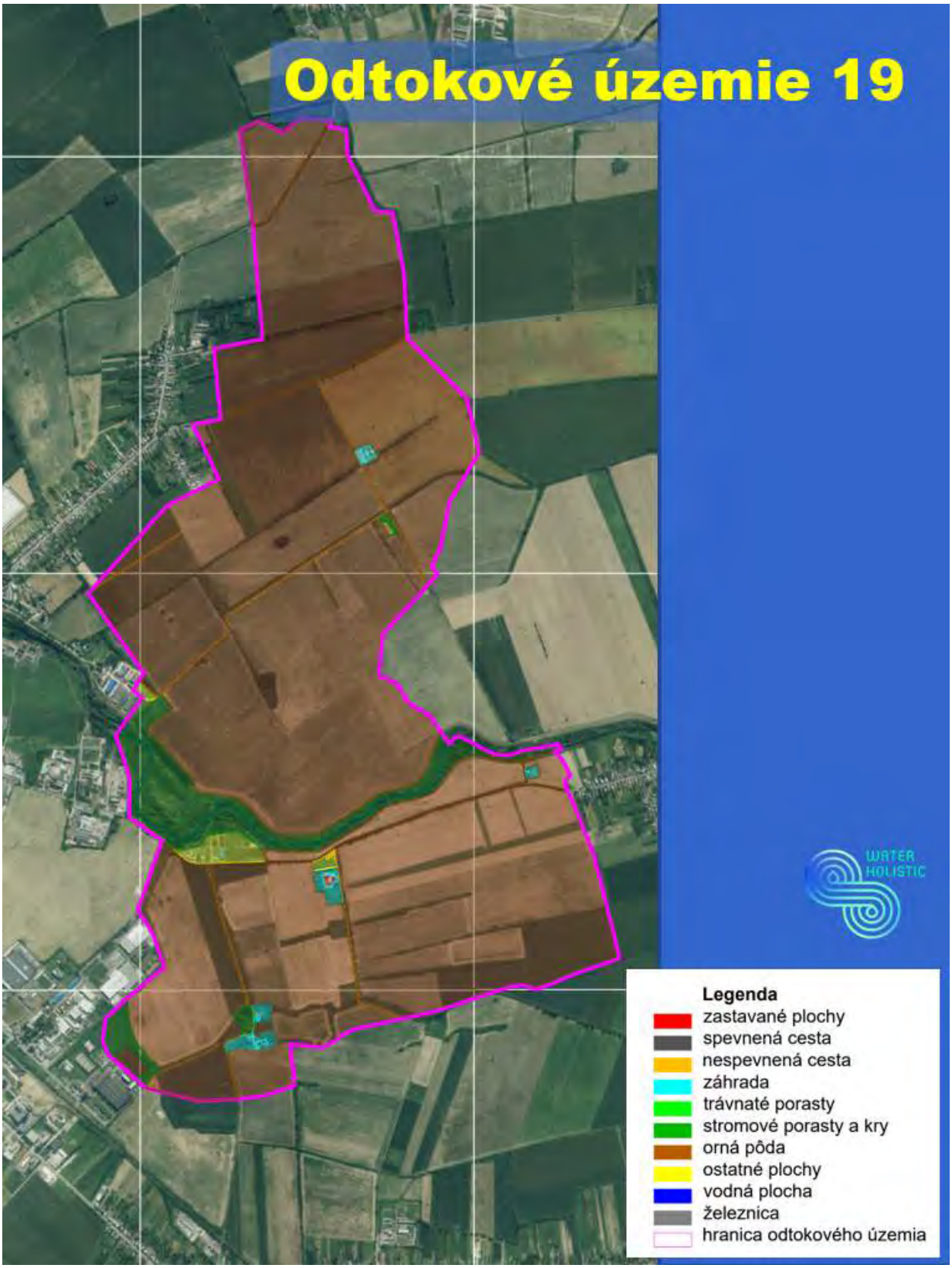
Obrázok 24: Využitie územia v odtokovom území 18

Odtokové územie 19

Z odtokového územia 19 s rozlohou viac ako 997 hektárov s dominantným zastúpením poľnohospodárskej pôdy pri intenzívnej zrážke 60 mm viac ako 130 000 m^3 dažďovej vody. . Z celkového úhrnu zrážky z územia odteká viac ako 22% dažďovej vody.

Odtokové územie 19	Výmera v m^2	% plochy	Objem odtoku v m^3	% podielu odtoku
Zastavaná plocha a nádvorie	9 990	0,1	241,81	0,19
Cesta spevnená	37 363	0,38	2 025,02	1,55
Cesta nespevnená	22 718	0,23	518,23	0,4
Záhrada	82 699	0,85	755,49	0,58
Trávnaté porasty	0	0	0	0
Stromové porasty a kry	544 408	5,57	3 783,54	2,9
Orná pôda	8 940 275	91,45	120 891,67	92,68
Ostatné plochy	86 860	0,89	2 228,58	1,71
Vodná plocha	52 271	0,53	0	0
Spolu	**9 776 584**	**100**	**130 444,34**	**100**

Tabuľka 23: Výpočet odtoku dažďovej vody z rôznych typov povrchov v odtokovom území 19



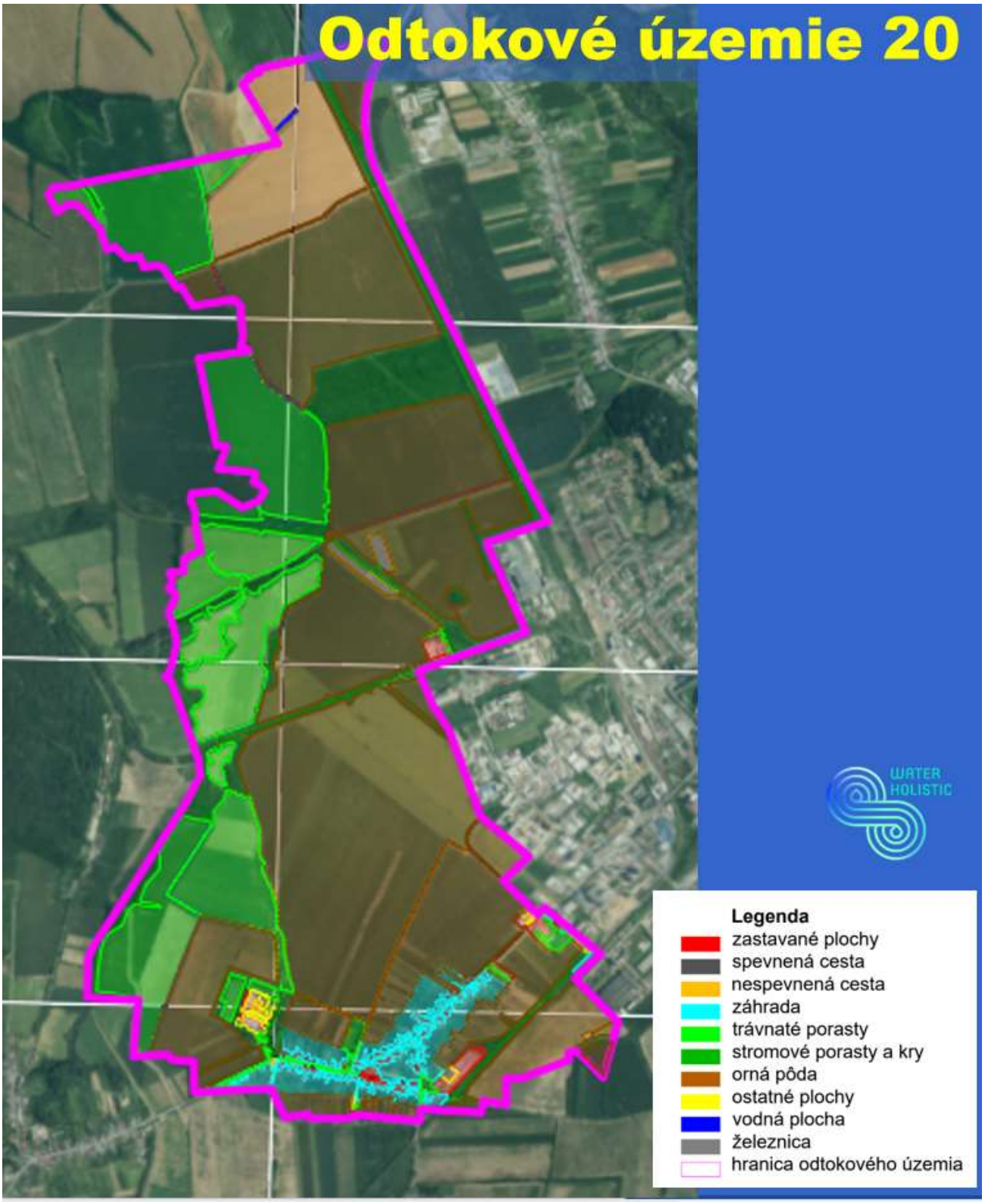
Obrázok 25: Využitie územia v odtokovom území 19

Odtokové územie 20

Z odtokového územia 20 s rozlohou viac ako 1 030 hektárov s 84% zastúpením poľnohospodárskej pôdy a 3 % zastavanosťou odteká pri intenzívnej zrážke 60 mm viac ako 115 000 m^3 dažďovej vody. Z celkového úhrnu zrážky z územia odteká takmer 19% dažďovej vody.

Odtokové územie 20	Výmera v m^2	% plochy	Objem odtoku v m^3	% podielu odtoku
Zastavaná plocha a nádvorie	135 250	1,31	3 273,71	2,83
Cesta spevnená	177 110	1,72	9 599,09	8,3
Cesta nespevnená	34 181	0,33	779,72	0,67
Záhrada	371 536	3,6	3 394,12	2,93
Trávnaté porasty	2 176 689	21,12	5 662,58	4,89
Stromové porasty a kry	1 173 457	11,39	8 155,33	7,05
Orná pôda	6 094 931	59,14	82 416,52	71,24
Ostatné plochy	81 137	0,79	2 081,75	1,8
Vodná plocha	38 413	0,37	0	0
Železnica	23 799	0,23	321,81	0,28
Spolu	**10 306 503**	**100**	**115 684,63**	**100**

Tabuľka 24: Výpočet odtoku dažďovej vody z rôznych typov povrchov v odtokovom území 20



Obrázok 26: Využitie územia v odtokovom území 20

V nasledujúcej tabuľke je uvedený celkový objem odtekajúcej dažďovej vody z územia celého katastra Michalovce, ktorá je potenciálom na ozdravenie klímy mesta, zúrodnenia poľnohospodárskej pôdy, posilnenia biodiverzity a v neposlednom rade aj vylepšenia kvality prostredia a zdravia občyvateľov.

Druh využitia územia	Výmera m^2	% z plochy	Odtok [m^3]	% podielu odtoku
Zastavaná plocha a nádvorie	**4 762 144**	9,02	**115 267,10**	14,98
Cesta spevnená	**1 945 635**	3,68	**88 051,43**	11,44
Cesta nespevnená	**333 150**	0,63	**7 599,68**	0,99
Záhrada	**2 582 899**	4,89	**32 223,64**	4,19
Trávnaté porasty	**6 265 899**	11,87	**24 888,47**	3,23
Stromové porasty a kry	**8 075 479**	15,29	**61 679,64**	8,02
Orná pôda	**27 113 390**	51,34	**406 763,96**	52,87
Ostatné plochy	**1 093 919**	2,07	**31 190,98**	4,05
Vodná plocha	**548 344**	1,04	**0,00**	0,00
Železnica	**86 374**	0,16	**1 749,25**	0,23
Spolu	**52 807 233**	100,00	**769 414,14**	100,00

Tabuľka 25: Celkový objem odtekajúcej dažďovej vody, ktorá formuje povodňové vlny, podľa druhu pozemkov

Z prehľadu je vidieť, že najväčší podiel na tvorbe vysušovania krajiny má manažment vody v poľnohospodárskej krajine. Túto vodu je možné využiť pre zlepšenie úrodnosti pôdy.

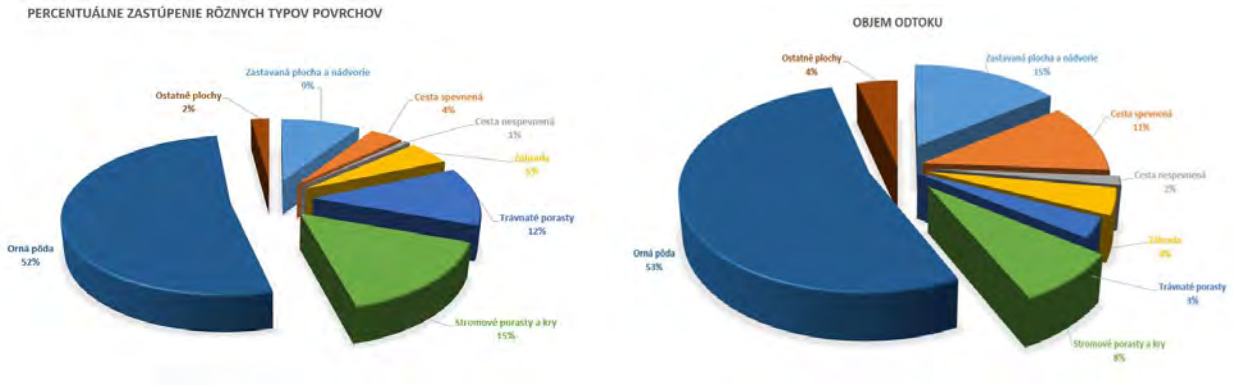
Doležitým poznatkom je aj pri iba 12,7 % zastúpení zastavaných povrchov a spevnených plôch (zastavaná plocha 9% a cesta 3,7%) odteká viac ako 200 000 m^3 dažďovej vody, čo predstavuje až 26,42% z celkového objmemu odtečenej dažďovej vody z celého územia katastra.

Tu si treba uvedomiť jednu súvislosť, že z intravilánu odteká dažďova voda pri akýchkoľvek zrážkach, pri ktorých sa tvorí povrchový odtok zo spevnených plôch. To znamená, že už pri 5 milimetrovej zrážke odteká dažďová voda do kanála. V ročných bilanciách je to viac ako 90% zo spadnutých zrážok.

Z poľnohospodárskej pôdy odteká dažďová voda plen pri vysokých zrážkach a za veľmi špecifických podmienok, keď zrážka padne do krajiny, kedy je pôdny profil nasýtený a hladiny podzemných vôd sú veľmi vysoko. To platí hlavne pre ťažkopriepustné ilovité pôdy Východoslovenskej nížiny.

Za týchto podmienok odteká spomínané množstvo dažďovej vody, teda cez 400 000 m^3, čo znamená, že zo 60 mm zrážky odteká 2 mm. Za normálnych okolností neodtečie nič. Takže v poronaní s celoročným odtokom z urbanizovaného prostredia je to takmer zanedbateľné.

Preto je potrebné sa sústrediť na manažment dažďovej vody v intraviláne a techologicky vyriešiť, aby všetká dažďová voda ostala v intraviláne a termoregulovala prostredie aj čistila vzduch.



Obrázok 27: Pomer zastúpenia rôznych typov povrchou v porovnaní s odtokom z týchto povrchov

Z hľadiska vysušovania a prehrievania katastra mesta Michalovce má najväčší vplyv odtoková plocha číslo 18 s takmer 45%-ným podielom na odtoku (extrémne výsoky podiel odtoku) je najviac developovaným územím. Odtokové územia 1, 3, 4, 5, 6, 14 a 17 majú významný podiel na odtoku zo 60 milimetrovej zrážky a to 30% a viac. Odtokové územia 2, 7, 8 ,9, 10, 12 a13 majú podiel odtoku zo 60 milimetrovej zrážky na úrovni medzi 20-30%. Územia s podielom odtoku menej ako 20 % sú OU 11, 15, 16, 19 a 20. Sú to územia s dominantným zastúpením poľnohospodárskej pôdy.

Mesto Michalovce	% z celkového úhrnu zrážky	Mesto Michalovce	% z celkového úhrnu zrážky
Odtokové územie 1	38,31	Odtokové územie 11	17,20
Odtokové územie 2	25,73	Odtokové územie 12	21,89
Odtokové územie 3	33,10	Odtokové územie 13	20,98
Odtokové územie 4	30,26	Odtokové územie 14	34,97
Odtokové územie 5	32,47	Odtokové územie 15	16,94
Odtokové územie 6	32,66	Odtokové územie 16	16,94
Odtokové územie 7	26,62	Odtokové územie 17	35,37
Odtokové územie 8	27,81	Odtokové územie 18	44,59
Odtokové územie 9	29,18	Odtokové územie 19	18,71
Odtokové územie 10	22,00	Odtokové územie 20	18,71

Zoznam obrázkov:

Obrázok 1: Rozdelenie k.ú. Michalovce na odtokové plochy 4
Obrázok 2: Trend zrážok v Michalovciach 1901-2008 5
Obrázok 3: Podpora zadržiavania dažďovej vody v krajine 14
Obrázok 4: Fyzikálny popis energetických tokov v atmosfére 23
Obrázok 5: Tepelné ostrovy nad odvodňovanými územiami 24
Obrázok 6: Schéma transportu energie v atmosfére 25
Obrázok 7: Využitie územia v odtokovom území 1 37
Obrázok 8: Využitie územia v odtokovom území 2 39
Obrázok 9: Využitie územia v odtokovom území 3 41
Obrázok 10: Využitie územia v odtokovom území 4 43
Obrázok 11: Využitie územia v odtokovom území 5 45
Obrázok 12: Využitie územia v odtokovom území 6 47
Obrázok 13: Využitie územia v odtokovom území 7 49
Obrázok 14: Využitie územia v odtokovom území 8 51
Obrázok 15: Využitie územia v odtokovom území 9 53
Obrázok 16: Využitie územia v odtokovom území 10 55
Obrázok 17: Využitie územia v odtokovom území 11 57
Obrázok 18: Využitie územia v odtokovom území 12 59
Obrázok 19: Využitie územia v odtokovom území 13 61
Obrázok 20: Využitie územia v odtokovom území 14 63
Obrázok 21: Využitie územia v odtokovom území 15 65
Obrázok 22: Využitie územia v odtokovom území 16 67
Obrázok 23: Využitie územia v odtokovom území 17 69
Obrázok 24: Využitie územia v odtokovom území 18 71
Obrázok 25: Využitie územia v odtokovom území 19 73
Obrázok 26: Využitie územia v odtokovom území 20 75
Obrázok 27: Pomer zastúpenia rôznych typov povrchou v porovnaní s odtokom z týchto povrchov 77

Zoznam tabuliek:

Tabuľka 1: Výmera a percentuálne zastúpenie odtokových území 19
Tabuľka 2: Výmera rôznych druhov využitia územia na celom katastrálnom území 19
Tabuľka 3: Hydrologické kategórie pôdy pre „CN“ -metódu 34
Tabuľka 4: Základná hydrologická kategória pôd pre metódu 34
Tabuľka 5: Výpočet odtoku dažďovej vody z rôznych typov povrchov v odtokovom území 1 36
Tabuľka 6: Výpočet odtoku dažďovej vody z rôznych typov povrchov v odtokovom území 2 38
Tabuľka 7: Výpočet odtoku dažďovej vody z rôznych typov povrchov v odtokovom území 3 40
Tabuľka 8: Výpočet odtoku dažďovej vody z rôznych typov povrchov v odtokovom území 4 42
Tabuľka 9: Výpočet odtoku dažďovej vody z rôznych typov povrchov v odtokovom území 5 44
Tabuľka 10: Výpočet odtoku dažďovej vody z rôznych typov povrchov v odtokovom území 6 46
Tabuľka 11: Výpočet odtoku dažďovej vody z rôznych typov povrchov v odtokovom území 7 48
Tabuľka 12: Výpočet odtoku dažďovej vody z rôznych typov povrchov v odtokovom území 8 50
Tabuľka 13: Výpočet odtoku dažďovej vody z rôznych typov povrchov v odtokovom území 9 52
Tabuľka 14: Výpočet odtoku dažďovej vody z rôznych typov povrchov v odtokovom území 10 54
Tabuľka 15:Výpočet odtoku dažďovej vody z rôznych typov povrchov v odtokovom území 11 56
Tabuľka 16:Výpočet odtoku dažďovej vody z rôznych typov povrchov v odtokovom území 12 58
Tabuľka 17: Výpočet odtoku dažďovej vody z rôznych typov povrchov v odtokovom území 13 60
Tabuľka 18:Výpočet odtoku dažďovej vody z rôznych typov povrchov v odtokovom území 14 62
Tabuľka 19: Výpočet odtoku dažďovej vody z rôznych typov povrchov v odtokovom území 15 64
Tabuľka 20: Výpočet odtoku dažďovej vody z rôznych typov povrchov v odtokovom území 16 66
Tabuľka 21: Výpočet odtoku dažďovej vody z rôznych typov povrchov v odtokovom území 17 68
Tabuľka 22: Výpočet odtoku dažďovej vody z rôznych typov povrchov v odtokovom území 18 70
Tabuľka 23: Výpočet odtoku dažďovej vody z rôznych typov povrchov v odtokovom území 19 72
Tabuľka 24: Výpočet odtoku dažďovej vody z rôznych typov povrchov v odtokovom území 20 74
Tabuľka 25: Celkový objem odtekajúcej dažďovej vody, ktorá formuje povodňové vlny, podľa druhu pozemkov 76