

**JIHOČESKÁ UNIVERZITA V ČESKÝCH BUDĚJOVICÍCH  
ZEMĚDĚLSKÁ FAKULTA**

Studijní program: N4101 Zemědělské inženýrství  
Studijní obor: Pozemkové úpravy a převody nemovitostí  
Katedra: Katedra krajinného managementu  
Vedoucí katedry: prof. Ing. Tomáš Kvítek, CSc.

**BAKALÁŘSKÁ PRÁCE**

Příklady cestní sítě zohledňující retenci a akumulaci vody  
v intravilánu a extravilánu

Vedoucí bakalářské práce:  
Ing. Petr Málek, Ph.D.

Autor:  
Dana Marková

České Budějovice, duben 2011

**ZADÁNÍ BAKALÁŘSKÉ PRÁCE**  
(PROJEKTU, UMĚLECKÉHO DÍLA, UMĚLECKÉHO VÝKONU)

Jméno a příjmení: **Dana MARKOVÁ**  
Osobní číslo: **Z08869**  
Studijní program: **B4106 Zemědělská specializace**  
Studijní obor: **Pozemkové úpravy a převody nemovitostí**  
Název tématu: **Příklady cestní sítě zohledňující retenci a akumulaci vody v intravilánu a extravilánu.**  
Zadávající katedra: **Katedra krajinného managementu**

**Z á s a d y p r o v y p r a c o v á n í :**

Výběr vhodných příkladů pro zdokumentování daného úkolu.  
Analýza území z hlediska retence a akumulaci vody dané lokality.  
Analýza současného stavu uspořádání pozemků.  
Posouzení varianty nového trasování polních cest z hlediska zlepšení hydrologických poměrů v území.  
Zhodnocení rozdílů, účinnosti dané metody ve vztahu k extravilánu a intravilánu.

Rozsah grafických prací: dle potřeby  
Rozsah pracovní zprávy: 40 stran  
Forma zpracování bakalářské práce: tištěná/elektronická

Seznam odborné literatury:

Zákon č. 361/2000 o provozu na pozemních komunikacích, vyhláška MDS ČR č. 30/2001 Sb., ČSN EN 12899-1, ČSN EN 1436, TP 65 a VL 6-1. Zákon č. 13/1997 o pozemních komunikacích, Vyhláška 104/97 Sb., kterou se provádí zákon o pozemních komunikacích, TP 170 Navrhování vozovek pozemních komunikací, TP Katalog vozovek polních cest (Změna č. 1), ČSN 73 6101 Projektování silnic a dálnic, ČSN 73 6109 Projektování polních cest, ČSN 72 1002 Klasifikace zemin pro dopravní stavby, ČSN 73 6114, Vozovky pozemních komunikací, ČSN 71 6133 Navrhování a provádění zemního tělesa pozemních komunikací, TP 83 Odvodnění pozemních komunikací, ČSN 73 6110 Projektování místních komunikací, ČSN 73 6102 Projektování křižovatek na silničních komunikacích, Kaun, Lehovec: Pozemní komunikace (ČKAIT) a další platné normy ČSN a technické předpisy.

Vedoucí bakalářské práce: Ing. Petr Málek, Ph.D.  
Katedra krajinného managementu

Datum zadání bakalářské práce: 15. března 2010

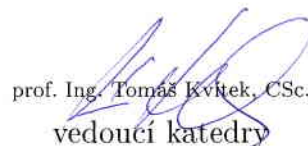
Termín odevzdání bakalářské práce: 15. dubna 2011

JIHOČESKÁ UNIVERZITA  
V ČESKÝCH BUDĚJOVICÍCH  
ZEMĚDĚLSKÁ FAKULTA  
studijní oddělení  
Studentská 13 ④  
370 05 České Budějovice



prof. Ing. Miloslav Soch, CSc.  
děkan

L.S.



prof. Ing. Tomáš Kvítek, CSc.  
vedoucí katedry

V Českých Budějovicích dne 15. března 2010

Prohlašuji, že svoji bakalářskou práci jsem vypracovala samostatně pouze s použitím pramenů a literatury uvedených v seznamu citované literatury. Prohlašuji, že v souladu s § 47b zákona č. 111/1998 Sb. v platném znění souhlasím se zveřejněním své bakalářské, a to v nezkrácené podobě (v úpravě vzniklé vypuštěním vyznačených částí archivovaných Zemědělskou fakultou JU) elektronickou cestou ve veřejně přístupné části databáze STAG provozované Jihočeskou univerzitou v Českých Budějovicích na jejích internetových stránkách.

V Českých Budějovicích dne 15. 4. 2011

Dana Marková

**Poděkování :**

Touto cestou bych chtěla poděkovat Ing. Petru Málkovi, Ph.D. za odborné vedení a za poskytnutí mnoha cenných rad i materiálů potřebných ke zpracování této bakalářské práce.

## **ANOTACE**

Cílem této bakalářské práce je vybrat vhodné příklady cestní sítě zohledňující retenci a akumulaci vody v extravilánu a intravilánu. Teoretický přehled, poskytující informace potřebné k nastínění problematiky cestních sítí ve vztahu k vodě, je uveden v rešerši. Ta je zpracována na základě dostupných podkladů, které byly čerpány převážně z platných technických norem a doporučené literatury. Další část bakalářské práce, demonstrována na zvolených příkladech již realizovaných cestních sítí, se zabývá dokumentací cestních sítí, které byly realizovány v souladu s poznatky uvedenými v rešerši (Zpevněná polní cesta v k.ú. Skřípov, okres Prostějov; Polní cesty včetně příkopů, katastrální území Chotěbudice; Svodné a zasakovací průlehy včetně cestního příkopu podél polní cesty C 5 v k.ú. Vojnice).

## **ANNOTATION**

This bachelor thesis` s main purpose is to earmark suitable examples of road networks considering water retention and accumulation both in rural and settled zones. The background research in this thesis presents theoretical survey about road networks in the cohesion with water. This research has been composed from the open sources, most of them valid technical standards and from the recommended literature. The second part of thesis includes demonstration focused on documentation of road networks already realized in compliance with technical knowledge contained in the background research (braced field road in the cadastre land Skřípov, Prostějov county; field roads including drains in the cadastre land Chotěbudice; main drain including road drain along the filed road C5 in cadastre land Vojnice).

## OSNOVA:

<b>1</b>	<b>Úvod.....</b>	<b>8</b>
<b>2</b>	<b>Literární přehled řešené problematiky.....</b>	<b>9</b>
<b>2.1</b>	<b>Přehled vývoje cestní sítě v průběhu historie.....</b>	<b>9</b>
2.1.1	Vývoj před rokem 1989.....	9
2.1.2	Vývoj po roce 1989.....	9
<b>2.2</b>	<b>Zásady ovlivňující návrh cestní sítě.....</b>	<b>10</b>
2.2.1	Získávání zdrojů informací.....	10
<b>2.3</b>	<b>Prostorové řešení trasy.....</b>	<b>11</b>
2.3.1	Členění polních cest podle významu.....	11
2.3.2	Trasování pozemních komunikací.....	12
<b>2.4</b>	<b>Současný stav uspořádání pozemků.....</b>	<b>13</b>
2.4.1	Struktura půdního fondu, aktualizace druhů pozemků.....	13
2.4.2	Posouzení potřeby rozšíření trvalých druhů pozemků.....	14
<b>2.5</b>	<b>Rozbor území.....</b>	<b>15</b>
<b>2.6</b>	<b>Hydrologický cyklus.....</b>	<b>16</b>
2.6.1	Objem dešťové srážky.....	17
2.6.2	Hospodaření s vodou a obecná ochrana vodních zdrojů.....	18
2.6.3	Vodárenská pásma.....	19
<b>2.7</b>	<b>Fyzikální vlastnosti půd.....</b>	<b>20</b>
2.7.1	Vodní režim půd.....	21
2.7.1.1	Retence a akumulace.....	21
2.7.1.2	Propustnost.....	22
<b>2.8</b>	<b>Legislativní rámec.....</b>	<b>22</b>
2.8.1	Změna legislativy.....	24
2.8.2	Vytvoření nových pravidel a změna pravidel stávajících.....	24
2.8.3	Změna ekonomického prostředí.....	24
2.8.4	Změna společenského prostředí.....	25
<b>2.9</b>	<b>Požadavky na odvodnění pozemních komunikací.....</b>	<b>25</b>
2.9.1	Základní parametry pro návrh odvodnění.....	25
2.9.2	Zásady pro výpočet návrhu odvodňovacího zařízení.....	25
2.9.3	Vozovka a pláň.....	26
2.9.3.1	Odvodnění povrchu vozovky.....	26

2.9.3.2	Odvodnění ochranné vrstvy a zemní pláně.....	28
2.9.4	Druhy odvodňovacích zařízení.....	29
2.9.4.1	Příkopy.....	29
2.9.4.2	Rigoly.....	30
2.9.4.3	Odvodňovací proužky.....	30
2.9.4.4	Otevřené žlaby, odvodňovací žlábký a štěrbinové žlaby..	31
2.9.4.5	Skluzy, stupně, prahy, kaskády a vývary.....	31
2.9.4.6	Vsakovací jámy a potrubí.....	31
2.9.4.7	Uliční vpusti a horské vpusti.....	32
2.9.4.8	Drenáže (trativody).....	32
2.9.4.9	Odvodňovací potrubí.....	33
<b>2.10</b>	<b>Opatření a konstrukční prvky přírodě blízkého odvodnění.....</b>	<b>34</b>
2.10.1	Volba prvků přírodě blízkého odvodnění.....	34
2.10.2	Dimenzování.....	34
2.10.3	Zařízení ke vsakování dešťových vod.....	35
2.10.3.1	Plošné vsakování.....	36
2.10.3.2	Vsakování s nadzemní retencí vody.....	36
2.10.3.3	Vsakování s podzemní retencí vody.....	37
<b>3</b>	<b>Cíl bakalářské práce.....</b>	<b>38</b>
<b>4</b>	<b>Metodika.....</b>	<b>39</b>
<b>5</b>	<b>Výsledky.....</b>	<b>40</b>
<b>5.1</b>	<b>Příklady řešených pozemních komunikací.....</b>	<b>40</b>
5.1.1	Zpevněná polní cesta v k.ú. Skřípov, okres Prostějov.....	40
5.1.2	Polní cesty včetně příkopů, k.ú. Chotěbudice.....	41
5.1.3	Svodné a zasakovací průlehy včetně cestního příkopu podél polní cesty C 5 v k.ú. Vojnice.....	42
<b>6</b>	<b>Diskuse.....</b>	<b>44</b>
<b>7</b>	<b>Závěr.....</b>	<b>46</b>
<b>8</b>	<b>Přehled použité literatury.....</b>	<b>47</b>
<b>9</b>	<b>Seznam zkratk.....</b>	<b>52</b>
<b>10</b>	<b>Přílohy.....</b>	<b>53</b>



# 1 ÚVOD

*SKLENIČKA (2003)* konstatuje, že pozemkové úpravy jsou v současnosti jedním z nejúčinnějších prostředků pozvolného zvyšování rozmanitosti struktury naší krajiny. Mezi opatření, která lze v rámci pozemkových úprav realizovat, zahrnujeme zejména změny kultur, revitalizace vodních toků, zakládání prvků rozptýlené zeleně, vodních nádrží, výstavbu cestních sítí (především polních cest), apod. Právě cestní síť tvoří kostru pozemkových úprav. Slouží nejen k propojení a zpřístupnění krajiny, ale také ke vhodnému uspořádání pozemků z pohledu hydrologického režimu krajiny, protierozní ochrany, možností zapojení do ÚSES atd. Z tohoto důvodu se stává prvkem s polyfunkčním významem.

V této práci se budu zabývat cestní sítí, u které se pokusím přiblížit problematiku retence a akumulace vody v extravilánu a intravilánu. Vzhledem k tomu, že tématu cestních sítí ve vztahu k vodě není v České republice věnována dostatečná pozornost a čerpání z písemných zdrojů je velice omezené, bude práce na dané téma nelehká.

Hlavním úkolem bakalářské práce je zpracovat rešerši na základě vhodných podkladů a uvést příklady již realizovaných cestních sítí ve vztahu k retenci a akumulaci vod.

## **2 LITERÁRNÍ PŘEHLED ŘEŠENÉ PROBLEMATIKY**

### **2.1 PŘEHLED VÝVOJE CESTNÍ SÍTĚ V PRŮBĚHU HISTORIE**

#### **2.1.1 VÝVOJ PŘED ROKEM 1989**

Polní cesty jsou zařazovány mezi klasické pozemní komunikace, jako cesty účelové (MÁLEK A CEJKAL, 2008). Doplňují síť silnic a místních komunikací a umožňují spojení mezi hospodářskými centry a pozemky (ŠVEHLA A VAŇOUS, 1995). Jejich hustota a kvalita se však místo od místa liší. V ČR lze říci, že výše uváděné parametry výrazně podléhají politickému a hospodářskému vývoji naší minulé i dávné historie. Kultivovaný rozvoj a výstavbu PC je možné doložit již v šedesátých letech 19. století, při prvním dobrovolném scelování, s požadavkem zpřístupnit jednotlivé pozemky podle potřeby vlastníků půdy. Za socialismu tomu bylo naopak, vlastnické vztahy nikoho nezajímaly a v úvahu byly brány jen vztahy užívací. V krajině zůstala pouze torza bývalého systému účelových komunikací (MÁLEK A CEJKAL, 2008). To, co socialističtí budovatelé získali rozoráním polních cest, je zanedbatelné proti nenávratným ztrátám v krajině. Nejen, že pozemky přestaly být přístupné vlastníkům, ale krajina ztratila odolnost proti erozi a hlavně ztratila svoji strukturu (MAZÍN, 2004). A právě proto je v současnosti problematika výstavby a obnovy PC z hlediska tvorby krajinného prostředí jedním ze stěžejních bodů nového pohledu na využití zemědělské krajiny (MÁLEK A CEJKAL, 2008).

#### **2.1.2 VÝVOJ PO ROCE 1989**

Po roce 1989 spadá cestní síť, dle DUMBROVSKÉHO *et al.* (2004), do souboru opatření zařazených v PSZ v rámci prováděných KPÚ, která mají zabezpečit naplnění jednoho z hlavních cílů PÚ stanovených v § 2 zákona č. 139/2002 Sb., (o pozemkových úpravách a pozemkových úřadech) o tom, že PÚ se vytvářejí podmínky k racionálnímu hospodaření a k zabezpečení ochrany přírodních zdrojů. Tento zákon ukládá povinnost zpracovat PSZ, který předchází návrhu nového uspořádání pozemků vlastníků tak, že jsou nejdříve navrženy pozemky, na nichž lze realizovat:

- opatření sloužící ke zpřístupnění pozemků (polní či lesní cesty, propustky, ...)
- protierozní opatření (průlehy, zasakovací pásy, záchytné příkopy, ...)
- vodohospodářská opatření (úpravy toků, odvodnění, suché poldry, ...)
- opatření k ochraně ŽP a zvýšení ekologické stability (JENÍČKOVÁ, 2008).

*SKLENIČKA (2003)* dále uvádí, že jde především o opatření pro zajištění přístupu k vlastnickým pozemkům a *DUMBROVSKÝ et al. (2004)* dodává, že jsou prostředkem k realizaci zlepšení propustnosti krajiny.

## **2.2 ZÁSADY OVLIVŇUJÍCÍ NÁVRH CESTNÍ SÍTĚ**

V projektu PÚ se cestní síť navrhuje vždy s přihlédnutím k řadě faktorů (*JONÁŠ et al., 1990*). Je velice důležité seznámit se s přírodními procesy (klimatické podmínky, geologické a půdní poměry, apod.) probíhajícími v dané lokalitě, s hospodářským využitím území, s vlivem stavby na ŽP a mnoha dalšími skutečnostmi. Konkrétně pak musí návrh PC splňovat následující základní kritéria:

- zabezpečit propojení sousedních obcí, vzájemné propojení zemědělských podniků a farem, nebo podniků s místem odbytu;
- umožnit přístup na pole a lépe zpřístupnit krajinu;
- vytvořit polyfunkční prvek s funkcí ekologickou, půdoochrannou, vodohospodářskou a estetickou (*DUMBROVSKÝ et al., 2004*).

Při návrhu cestní sítě je vhodné dále dodržovat následující zásady:

- vycházet z konfigurace terénu a umístění zastavěné části obce uvnitř k.ú.;
- v rovinném území navrhovat rovnoběžnou síť pravidelných tvarů, v členitém území respektovat odtokové poměry a protierozní požadavky;
- zemědělská doprava se musí zcela vyloučit ze sídlišť a ze silnic hlavní sítě;
- svozová plocha je pro HPC cca 100-150 ha;
- pozemky o výměře do 20 ha na rovině, do 5 ha v kopcovitém terénu mohou být zpřístupněny jen z jedné strany;
- síť by měla být vedena tak, aby nevytvářela pozemky menší než 3 ha;
- při návrzích je žádoucí vyhnout se místům s potřebou zářezů, násypů, odvodnění neúnosných půd, apod. (*DUMBROVSKÝ et al., 2004*).

### **2.2.1 ZÍSKÁVÁNÍ INFORMACÍ**

Základním zdrojem informací pro zahájení prací je podrobný průzkum terénu. Základní metodou průzkumu je pozorování a polohové určení pozorovaných jevů měřením (*JENÍČKOVÁ, 2008*). Podle *SKLENIČKY (2003)* je nutné, aby měl projektant k dispozici kvalitní podklady a aby dílčí problematiky byly řešeny

příslušnými odborníky. Základní informace o širších vazbách v území lze čerpat z veřejně dostupných zdrojů (ZABAGED, BPEJ,...). Avšak detailní sklonové poměry, údaje o zrnitostním složení půdy, množství organické hmoty a jiné faktory musíme získat přímým zjištěním, případně analýzou vzorků přímo v zájmovém území (JENÍČKOVÁ, 2008).

## **2.3 PROSTOROVÉ ŘEŠENÍ TRASY**

### **2.3.1 ČLENĚNÍ POLNÍCH CEST PODLE VÝZNAMU**

#### **HLAVNÍ POLNÍ CESTY (HPC)**

HPC soustřeďují dopravu z VPC a jsou napojeny na místní komunikace, na silnice III. třídy, výjimečně na silnice II. třídy nebo přivádějí dopravu z přilehlých pozemků přímo k zemědělské farmě. HPC se doporučuje navrhovat zpevněné, jednopruhové, s výhybnami, vždy s odvodněním a s celoroční sjízdností, v odůvodněných případech jako dvoupruhové. Plní funkci protierozního prvku (DUMBROVSKÝ, 2004).

#### **VEDLEJŠÍ POLNÍ CESTY (VPC)**

VPC zajišťují dopravu z přilehlých pozemků nebo farem a jsou napojeny na HPC, mohou být napojeny i na místní komunikace, silnice III. třídy a výjimečně na silnice II. třídy. VPC jsou převážně jednopruhové, zpravidla nezpevněné, zatravněné a výhybny jsou doporučeny. Podle místních podmínek se na úsecích cesty s nízkou únosností a na podmáčených úsecích navrhuje kombinace zpevněných a nezpevněných úseků. V odůvodněných případech se na konci VPC navrhuje obratiště (DUMBROVSKÝ, 2004).

#### **DOPLŇKOVÉ POLNÍ CESTY (DPC)**

DPC zajišťují sezónní komunikační propojení v rámci propojení půdních celků jednoho vlastníka, nebo tvoří hranice mezi vlastnickými pozemky. Zřizují se jednopruhové, nezpevněné, popř. zatravněné. Výhybny ani obratiště se neuvažují (DUMBROVSKÝ, 2004).

### 2.3.2 TRASOVÁNÍ PK

Při návrhu trasy je třeba dbát plynulého prostorového vzhledu a vzájemného souladu směrových a výškových složek, a to především z hlediska bezpečnosti provozu. Trasa má být navržena tak, aby:

- zajistila stejnoměrnou a plynulou jízdu danou návrhovou rychlostí;
- v celé délce trasy byla zajištěna délka rozhledu pro zastavení;
- na dvoupruhových HPC byla zajištěna délka rozhledu pro předjíždění (*DUMBROVSKÝ, 2004*).

Trasa nové cestní sítě se nejlépe volí podle některého ze tří systému:

- šachovnicový (paralelní) – nejvhodnější pro roviny;
- paprskový (radiální) – v horských oblastech;
- okružní – vhodný v pahorkatinách (*DUMBROVSKÝ, 2004*).

Z dopravního hlediska by bylo nejvhodnější, kdyby hospodářský obvod zemědělského podniku byl kruhový a farma byla umístěna v jeho středu. Dopravní vzdálenost i náklady na dopravu by byly minimální. Hospodářský obvod je však obvykle nepravidelný. Důležité je mít na zřeteli, že síť PC a její odvodňovací zařízení jsou součástí systému PEO, a proto je třeba PC navrhovat tak, aby plnily i tuto funkci (*PASÁK et al., 1984*). *DUMBROVSKÝ (2004)* dodává, že volba systému cest úzce souvisí s řešením vodohospodářským, protože cestní příkopy tvoří významnou síť regulující odtokové poměry povrchové vody. K ohrožení objektu přívalovou srážkou dochází při nevhodném umístění objektu do cesty vodě z extravilánu. Povodňová vlna z přívalových srážek na horních tocích i velmi malých vodotečích vzniká v našich zeměpisných podmínkách obyčejně tehdy, když střed bouřky sleduje údolnici shora dolů (*ŽABIČKA, 2008*). Nevhodné umístění PC, a to v trase proudění vody, může vyvolat rychlejší rozběh a cesta pak plní funkci koryta, ve kterém voda nabírá na síle. Dosáhne-li tato voda hranice intravilánu, působí (vlivem záplav, povodní a s tím spojených bahnotoků a sesuvů) značné škody.

Pro pravidelný tvar pozemků v rovinatých oblastech i pro jejich obdělávání je výhodná paralelní soustava, při níž jsou PC uspořádány vzhledem k obci, výrobnímu středisku a silnicím ve dvou vzájemně rovnoběžných směrech s pravouhlým křížením (*JONÁŠ et al., 1990*). *RYBÁRSKÝ et al. (1991)* uvádí, že tato soustava je

vhodná i pro zvlněný terén. U šachovnicového typu jsou sice pozemky pravidelných tvarů, avšak prodlužuje se dopravní vzdálenost (VLASÁK A BARTOŠKOVÁ, 2007).

V členitém terénu je potřeba přihlížet ke konfiguraci terénu, respektovat zákonitosti odtoku povrchových vod a nebezpečí eroze. Proto zde bývá volen paprskovitý (radiální) typ cestní sítě. Výhodou jsou kratší dopravní vzdálenosti až o 1/3, nevýhodou jsou nevhodné tvary pozemků vznikající u napojování cest (VLASÁK A BARTOŠKOVÁ, 2007). V radiální soustavě vycházejí PC ze sídliště a výrobního střediska paprskovitě a nejkratšími směry do jednotlivých částí hospodářského obvodu bez možného zřetele na tvarové uspořádání pozemků (ANTAL, 1989).

RYBÁRSKÝ *et al.* (1991) uvádí ještě další typ, okružní síť, kterou tvoří vrstevnicové cesty. Z hlediska PEO jde o nejvýhodnější soustavu. Je vhodná v pahorkatinách na dlouhých mírných svazích (DUMBROVSKÝ *et al.*, 2000).

## **2.4 SOUČASNÝ STAV USPOŘÁDÁNÍ POZEMKŮ**

### **2.4.1 STRUKTURA PŮDNÍHO FONDU, AKTUALIZACE**

#### **DRUHŮ POZEMKŮ**

Druhy pozemků:

- zemědělská půda – orná půda, chmelnice, vinice, zahrady, ovocné sady, TTP;
- nezemědělská půda – lesní pozemky, vodní plochy, zastavěné plochy a nádvoří, ostatní plochy, apod.

Současný stav pozemků je veden v KN. Z KN se vychází při návrhu změn druhů pozemků a optimalizace jejich prostorového rozmístění (DUMBROVSKÝ, 2004). Jedná se o velmi náročnou práci, kdy je třeba dát do souladu požadavky vlastníků pozemků v ObPÚ s požadavky všech dalších účastníků řízení (např. uživatelů, obce, apod.) a s požadavky a zájmy veřejnými. Zásadně je třeba dodržovat požadavek na prostorovou a funkční optimalizaci pozemků definovanou zákonem č. 139/2002 Sb., o pozemkových úpravách a pozemkových úřadech.

Pozemky se umisťují do tzv. kostry, kterou tvoří odsouhlasený PSZ. Výchozím kritériem pro určení optimálního návrhového stavu druhů pozemků v krajině je vyhodnocení indexu trvalých druhů pozemků ( $I_{TK}$ ), zohledňující původní a současný stav druhů pozemků v dané krajině. Původní stav je veden v mapách

BPK a zohledňuje únosný produkční potenciál při respektování dostatečné kapacity ekostabilizačních prvků v krajině i z pohledu současných požadavků. V dílčích povodích, která jsou narušenější z hlediska změny druhů pozemků, přehnané intenzity hospodaření a mají zhoršenou kvalitu vody, je třeba přednostního hodnocení a řešení změny druhů pozemků. V lokalitách, kde došlo k velkému narušení půdy a vody, je třeba zvyšovat plochy všech kultur, plochy břehů, mokřadů, chybějících mezí a remízků (*DUMBROVSKÝ et al., 2004*).

## 2.4.2 POSOUZENÍ POTŘEBY ROZŠÍŘENÍ TRVALÝCH DRUHŮ POZEMKŮ

Toto hodnocení se používá v území, kde se nacházejí ochranná pásma vodních zdrojů. Index trvalých kultur ( $I_{TK}$ ) ukazuje míru změny ve využívání ploch mezi stávajícím stavem a historickým stavem zjištěným ve starších podkladech z doby před kolektivizací zemědělské výroby (*VLASÁK A BARTOŠKOVÁ, 2007*).

Jedná se o orientační kritérium pro posouzení původnosti trvalých druhů pozemků a diagnostikující potřebu rozšíření jejich plochy. V jednotlivých zónách povodí se stanoví index trvalých druhů pozemků pomocí vztahu:

$$I_{TK} = ((R \cdot k) + (T \cdot l) + (V \cdot m) + X + (Y \cdot n)) / (L + P + M + N)$$

kde	$I_{TK}$	index trvalých kultur
	L	historické zastoupení luk v krajině [ha],
	P	historické zastoupení pastvin [ha],
	S	historické zastoupení lesů [ha],
	M	historické zastoupení mezí a remízků [ha],
	N	historické zastoupení stojatých vod a mokřadů [ha],
	R	současné zastoupení luk [ha],
	T	současné zastoupení pastvin [ha],
	V	současné zastoupení lesů [ha],
	X	současné zastoupení mezí a remízků [ha],
	Y	současné zastoupení stojatých vod a mokřadů [ha],
	k, l, m, n	koeficienty vyjadřující kvalitu porostů z hlediska funkce ochrany půdy ( <i>DUMBROVSKÝ, 2004</i> ).

## 2.5 ROZBOR ÚZEMÍ

### INTRAVILÁN

Je definován jako osídlená část obce, stanovená územním plánem a určená pro občanskou, bytovou, průmyslovou a další výstavbu (*JONÁŠ, 1990*). Právě urbanizovaná území jsou specifická vysokým podílem nepropustných ploch (např. komunikace). Voda dopadající za dešťové situace na povrch povodí nemůže přirozeně infiltrovat do podzemních vod. Rovněž úroveň evapotranspirace je oproti přirozeným podmínkám snížena. Větší část objemu dešťové vody obvykle odtéká po zpevněném povrchu do dešťových vpustí a stokovou sítí je odváděna z urbanizovaných povodí. Náhlé zvýšení průtoku může způsobit škody na hmotném majetku v okolí toku, případně i zdraví, obdobně jako při klasické povodni. Zvýšená četnost povodní a vnos znečišťujících látek ze stokové sítě ovlivňují i vodní faunu a flóru.

Dalším důsledkem je překročení hydraulické kapacity samotného stokového systému, přechod do tlakového režimu proudění s vystoupaním vody do úrovně sklepních prostorů, či přímo výtok na terén prostřednictvím revizních šachet nebo uličních vpustí a rozliv do okolního prostoru. Kromě lokálních povodní má změna koloběhu vody v důsledku urbanizace negativní vliv i na dotaci podzemních vod, jejichž hladina se snižuje. To působí problémy v suché části roku, kdy by průtok ve vodních tocích měl být dotován právě podzemní vodou (*AČE, 2009*).

### EXTRAVILÁN

Tvoří všechny pozemky hospodářského obvodu obce mimo pozemky nacházející se v sídelní části (intravilánu) obce (*JONÁŠ, 1990*). V nenarušeném přírodním prostoru extravilánu převažuje odpařování. Podíl odtoku je tedy malý. Ve vodní bilanci kulturní krajiny se podíl odpařování snižuje. Střídající se porost a monokultury zvyšují podíl vsakování a odtoku. Zpevněné povrchy jsou podstatně méně propustné než přirozené zeminové povrchy a navíc u nich odpadá položka výparu rostlinami (*MEIBNER et al., 2005*).



## 2.6 HYDROLOGICKÝ CYKLUS

Veškerá voda na Zemi a v atmosféře se nazývá hydrosféra (*KEMEL, 1994*). Hydrologický cyklus, doprovázený změnami skupenství, je stálý neukončený děj, který je poháněn dvěmi základními silami koloběhu a to slunečním zářením a gravitací. Vstup dešťové vody do povodí je ve formě srážek. Tyto srážky jsou vyvrcholením kondenzace nebo desublimace vodní páry (*HRÁDEK A KUŘÍK, 2002*).

S dopadem srážek na zemský povrch nastává jejich zadržování záležející na druhu povrchu, době trvání srážek a na akumulacím prostoru povodí. Část vod zachycená na půdním povrchu je nazývána povrchová akumulace (*KREŠL, 1999*), která se buď vypaří, nebo infiltuje do půdy (*SERRANO, 1997*). Míra výparu je závislá na dostupnosti energie, na povrchu, kde dochází k výparu a na schopnosti vodní páry proniknout do atmosféry. Výpar lze dělit na transpiraci, což je dle *SERRANA (1997)* proces ovlivněný rostlinnými biologickými procesy, lokalitou, půdní vlhkostí a meteorologickými faktory. Dalším druhem výparu je evaporace z otevřené vodní hladiny či povrchu půdy. Jelikož není mnohdy jednoznačně rozlišitelné o jaký druh výparu jde, jsou procesy souhrnně označovány jako evapotranspirace (*BRUTSAERT, 2005*).

Povrchová akumulace se zcela určitě významně podílí na celkové vodní bilanci, ale rozhodujícím činitelem pro retenci je infiltrace (*KANTOR, 2003*). Infiltrace je děj, při němž se srážková voda zasakuje do půdy. Podle zkušeností nepřekročí doba vsaku a odparu v zimě týden po odměku, v létě den, dva (*ŽABIČKA, 2008*). Rozsah infiltrace je limitován velikostí pohybu půdní vody a naopak pohyb půdní vody je proces nadcházející vždy po infiltračním procesu, po němž následuje redistribuce infiltrované vody (*RAWLS et al., 1993*). Zvýšení infiltrační schopnosti půd je možno provést několika způsoby, které se dají navzájem kombinovat. Jako základní uvádí *JONÁŠ et al. (1990)* např. vhodně organizované pásové kultury na svažitéch pozemcích. Dále je nutné ovlivňovat morfologii terénu, aby se zvyšovala vsakovací schopnost půdy. Cílem je, aby se maximální množství srážkové vody kumulovalo v půdě a povrchový odtok byl převeden na podzemní. Nejlevnější způsob zachycení dešťové vody na pozemku vsakováním je vhodné řešení terénních úprav a vytvoření terénní prohlubně s drenážní vrstvou. Na základě výše uvedených údajů se poměrně spolehlivě může navrhnout systém vsakování včetně návrhu příslušného akumulacího objemu (*ŽABIČKA, 2008*).

## 2.6.1 OBJEM DEŠŤOVÉ SRÁŽKY

Srážky se na území ČR vyskytují v průběhu roku nerovnoměrně (ŽABIČKA, 2008). JONÁŠ *et al.* (1990) uvádí, že hydrologické poměry jsou značně ovlivněny geomorfologickým uspořádáním terénu a jsou závislé na orografickém členění (nadmořských výškách). Přejednost klimatu značně ovlivňuje nejenom srážkové, ale i odtokové poměry, které jsou nerovnoměrné jak v průběhu roku, tak i v delších časových obdobích. V některých oblastech může v důsledku geomorfologických podmínek dojít ke vzniku dešťových stínů. Např. na jihu Moravy jsou místa, ve kterých jsou roční úhrny dešťových srážek nižší než 400 mm. Tak nízké množství dešťové vody je na hranici srážkových úhrnů polopouští (ŽABIČKA, 2008).

Množství srážek, vypadlé na povodí, je jedním z hlavních prvků bilanční rovnice a vyjadřujeme jej zpravidla jako srážkovou výšku v mm. Množství srážek vypadlé v bodě (srážkoměrné stanici) vyjadřuje rovněž výšku jako výšku vrstvy a nazýváme ji srážkovým úhrnem. U dešťů kromě úhrnu je účelné měřit i trvání. Podíl úhrnu a trvání nám dává další, velmi významnou, charakteristiku deště – jeho intenzitu. Intenzita deště je zpravidla vyjadřována v  $\text{mm}\cdot\text{min}^{-1}$  (KEMEL, 1994).

Ochrana tělesa komunikace před zatápním a poškozením svahů se navrhuje na základě návrhového deště příslušného odvodňovacího zařízení (ČSN 736101, 2004). Při užití racionálních metod se v obcích (intravilánu) počítá s periodicitou návrhového deště přímo podle ČSN 756101 (2004), pro silniční síť v extravilánu se uvažuje periodicita návrhového deště  $p=2$ . Periodicity výše uvedených návrhových dešťů jsou určeny při dobách návrhových dešťů  $t=15$  minut. U mostních objektů se návrh řídí ČSN 736201 (2008) s tím, že je zde uplatňována periodicita  $p=0,5$  vztáhnutá k času  $t=10$  minut.

Pro návrh akumulace a využití dešťových vod se používají údaje o dlouhodobých srážkových úhrnech. Proto je výhodné akumulaci rozdrobit budováním retenčních nádrží pod vozovkami a akumulací vody na pozemcích (ŽABIČKA, 2008). Schopnost akumulovat vodu je mnohdy zvýrazněna, např. v lesích, tvorbou hrabanky a humusu, tj. vrstvami jehličí a listí, jež se postupně rozkládají a mění na velmi kyprou vrstvu, jímající značné množství vody a postupně ji předávající spodnějším vrstvám (KEMEL, 1994).

## 2.6.2 HOSPODAŘENÍ S VODOU A OBECNÁ OCHRANA VODNÍCH ZDROJŮ

Hospodaření s vodou a obecnou ochranu vodních zdrojů reguluje zákon č.254/2001 Sb., o vodách (vodní zákon). V pásmech hygienické ochrany působí celá řada dalších směrnic a vyhlášek. JONÁŠ *et al.* (1990) uvádí například ČSN 83 0602 *Posuzování jakosti povrchové vody a způsob její klasifikace* nebo ČSN 83 0603 *Kontrola jakosti povrchových vod*.

Klasifikace dešťových vod po styku s povrchem:

- **Neznečištěné** v případě, že odtékají z neznečištěných povrchů silničních komunikací s nízkou intenzitou provozu, pokud však neslouží jako parkoviště nebo odstavné plochy vozidel.
- **Znečištěné**, odtékají-li ze znečištěných povrchů a silničních komunikací, ale jen po dobu oplachu znečištěného povrchu (KAUN A LEHOVEC, 2004).
- V § 38 vodní zákon vymezuje ještě **vody odpadní**, které jsou užití v obytných, průmyslových, zdravotnických a jiných stavbách a zařízeních nebo dopravních prostředcích, pokud po použití mají změněnou jakost (složení nebo teplotu), jakož i jiné vody, pokud mohou ohrozit jakost povrchových a podzemních vod (TP 83, 2008).

ČSN 75 6551 *Odvádění a čištění odpadních vod s obsahem ropných látek* (2009) sice považuje dešťové (srážkové) vody znečištěné ropnými látkami za odpadní, ale zároveň uvádí, že dešťové (srážkové) vody, které nejsou odpadními vodami, avšak existuje zde riziko kontaminace ropnými látkami, se v odůvodněných případech odvádějí se zabezpečením obdobným jako dešťové vody odpadní.

Ochrana vodních zdrojů z hlediska jejich vydatnosti, jakosti a zdravotní nezávadnosti je založena na ochraně přírodních faktorů, které vodní zdroje ovlivňují a na ochraně území, kde se kumulují a koncentrují povrchové nebo podzemní vody přirozenou cestou (JONÁŠ *et al.*, 1990). PLAINER (1983) uvádí rozdělení systému ochrany vodních zdrojů takto:

- **Obecná ochrana**
- **Speciální ochrana**

Obecná ochrana vodních zdrojů je ošetřena již zmiňovaným zákonem č.254/2001 Sb. o vodách. Jsou zde zahrnuty povinnosti uživatelů vody, ochrana

všech vodních zdrojů z hlediska množství a jakosti. Speciální ochrana vodních zdrojů se zaměřuje na oblasti tvorby vodních zdrojů, a to hlavně v oblasti přirozené akumulace povrchových a podzemních vod (*JONÁŠ et al., 1990*).

Pokud PK procházejí územím, na něž se vztahuje zvýšená ochrana vodních zdrojů, může příslušný vodoprávní úřad přikázat zvláštní opatření k zabránění průniku znečištěné vody z vozovky do vodních zdrojů, popř. stanovit podmínky pro provoz k tomuto účelu vybudovaných ochranných zařízení (*ČSN 736101, 2004*).

### 2.6.3 VODÁRENSKÁ PÁSMA

Tato pásma se stanoví rozhodnutím vodohospodářského orgánu ve spolupráci s orgány hygienické služby po projednání s dotčenými orgány státní správy. Většinou se pásma ztotožňují s pásmy hygienické ochrany zdrojů určených k hromadnému zásobování pitnou a užitkovou vodou (*JONÁŠ et al., 1990*). V pásmech ochrany vodních zdrojů se znečištěná dešťová voda, případně havarijní únik ropných látek zachytí v nepropustných odvodňovacích zařízeních a vyčistí v čistících zařízeních (*ČSN 73 6101, 2004*).

**I. stupeň** – nesmí zde být umístěna žádná dálnice, rychlostní silnice ani silnice I. až III. třídy;  
– nesmí zde být odváděny ani vody z komunikací, které se nacházejí mimo toto ochranné pásmo;  
– umístění místní nebo účelové komunikace je nutno důkladně zvážit.

**II. stupeň** *vnitřní pásmo*  
– v nezbytných případech je možno vést dálnici nebo silnici, ale je nutné navrhnout opatření, která zabrání znečištění nejen během provozu komunikace, ale i během její výstavby;  
– vodoprávní orgán stanoví kontinuální úpravu a kvalitu vypouštěné vody do recipientu;  
– pro případ havárie se požaduje zpevnění příkopů a odvedení vody mimo pásmo;  
– volné otevřené příkopy se do vzdálenosti 2,0 m od přilehlého terénu zabezpečují těsněním ze soudržné zhutněné zeminy nebo těsnící folií;  
– sloupky svodidel nesmí narušit funkci ochranných opatření;

### *vnější pásma*

– u dálnic a rychlostních silnic jsou vyžadována kontinuální čistící zařízení se stanovenými limity kvality vypouštěné vody;

– havarijní opatření (normé stěny) jsou postačující u silnic I. a II. třídy.

### **III. stupeň**

– silnice III. třídy, místní a účelové komunikace nevyžadují opatření;

– u komunikací vyšších tříd postačují havarijní opatření (*KAUN A LEHOVEC, 2004*).

## **2.7 FYZIKÁLNÍ VLASTNOSTI PŮD**

Tyto vlastnosti ovlivňují zásadní měrou intenzitu vsaku dešťové vody do půdy (*KEMEL, 1994*). Pórovitost půdy je vedle struktury hlavním znakem prostorového uspořádání půdního těla a je charakterizována celkovým objemem pórů, jako souhrnem všech pórů (v %) a zastoupením jednotlivých velikostních skupin, tj. pórů kapilárních, semikapilárních a nekapilárních (*LEDVINA et al., 2000*). S množstvím nekapilárních pórů intenzita vsaku roste (*KEMEL, 1994*).

Povaha pórovitosti je spojena s prostorovým uspořádáním půdy (strukturou) a její zrnitostí. Struktura půdy je podmíněna strukturností, tj. schopností agregovat (spojovat) částice pevné fáze či desagregovat větší půdní celky a vytvářet tak strukturní agregáty (*LEDVINA et al., 2000*). Změna struktury půdy vyvolává změnu intenzity vsaku a zákonitostí pohybu vody v půdě (*KEMEL, 1994*).

Nejvýznamnějším pro strukturu rušivým elementem je dešťová voda a půdní roztok. Dešťové kapky mohou v povrchové vrstvě mechanicky rozbít agregáty. Při ovhčování dochází k rozplavování agregátů, vyplavování koloidů a vyluhování iontů vápníku. Nevhodné obdělávání půdy, časté pojíždění těžkých mechanismů, peptizační účinky průmyslových hnojiv rovněž narušují půdní strukturu. Dobrá struktura se stabilními drobtovitými agregáty (o průměru 1 až 10 mm) je podstatným znakem zralosti půdy, představující optimální stav fyzikálních, a tím i biologických vlastností půdy (*LEDVINA et al., 2000*). Ovlivnění pedologických poměrů, tj. zlepšením fyzikálních vlastností půdy a zvýšením její propustnosti, lze dosáhnout omezením zhutňování orničních i podorničních horizontů půdy vhodným způsobem kultivace a osevních postupů i aplikací statkových hnojiv (*JONÁŠ et al., 1990*).

Při radikálnější změně vlastností půd dochází ke změně vodního režimu v ní. Tam, kde je povodí tvořeno propustnými půdami, srážková voda vsakuje do nižších horizontů a rozmnožuje zásoby podzemních vod. Většímu vsaku, zvětšování objemu vláhy, napomáháme různými agrotechnickými opatřeními, např. orbou po vrstevnici. Takto vytvořené brázdy jsou překážkou vodě při proudění ve směru největšího sklonu, zadržují ji, a tak může infiltrovat do půdy (KEMEL, 1994).

## 2.7.1 VODNÍ REŽIM PŮD

### 2.7.1.1 RETENCE A AKUMULACE

V průběhu vegetační sezóny se vodní režim půd skládá ze dvou střídajících se fází: akumulární a perkolační (TESAŘ *et al.*, 2001). V průběhu akumulární fáze se voda infiltrující ze srážek v půdním profilu akumuluje a je čerpána rostlinami pro potřeby transpirace. Tato fáze obvykle trvá několik týdnů. Pokud odběr vody na transpiraci převyšuje srážkový přítok, vyčerpává se voda z půdy až k dolní hraniční hodnotě, kdy nedostatek vody v půdě způsobí zastavení transpirace. Převyšuje-li však srážkové vody její odběr na transpiraci, zaplňuje infiltrující voda půdu až do okamžiku, kdy objem akumulované vody překročí určitou horní hranici. Pak dojde k náhlému odtoku velkého množství vody do podloží. Tím se nastartuje perkolační – promyvná fáze, v níž většina srážkové vody protéká půdou do podloží, aniž by byla v půdě zdržena. Trvání perkolační fáze je závislé na srážkové činnosti a na objemu vody v půdě při jejím nastartování a může trvat od několika hodin po několik dnů či týdnů. Perkolační fáze ustane v okamžiku poklesu objemu vody v půdě pod horní hranici. Rozdíl mezi horní a dolní hodnotou objemu vody v půdě je retenční kapacita půdy (KUTÍLEK, 1978).

LEDVINA *et al.* (2000) uvádí, že retenční vodní kapacita, patřící k základním hydrolimitům, je maximální množství vody, které je půda po nadměrném zavlažení schopná zadržet v téměř rovnovážném stavu. Půda hraje v hydrologickém cyklu pevnin roli nádrže o značném retenčním objemu. Ten v celostátním měřítku řádově převyšuje objem vody v nádržích a vodních tocích (KUTÍLEK, 1978). Retenční kapacita půd proto podstatně ovlivňuje transformaci srážky na odtok z povodí. Výtok vody z půdy do podloží, vyvolaný vsakem srážky, který způsobí překročení retenční kapacity půdy, může způsobit povodňovou vlnu. Tímto mechanismem překročení retenční kapacity půd vznikají povodně zdánlivě nemožně velké, pokud se uvažuje

konvenčním způsobem o příčinných srážkách a nebere se v úvahu aktuální zaplnění půdy vodou před srážkou (TESAŘ *et al.* 2004). Díky prostorové variabilitě půd je výskyt plošně synchronního výtoku z půdního profilu do podloží méně pravděpodobný pro velká povodí, ale pro malá povodí s plochou do 10 km<sup>2</sup> tato pravděpodobnost strmě stoupá. Retenční kapacitu půdy lze určit několika metodami. Jsou to: 1) laboratorní měření retenčních křivek (ŠÚTOR A ŠTEKAUEROVÁ, 2003), 2) terénní infiltrační pokusy (LICHNER 1986, ŠÍR *et al.*, 2000), 3) tenzometrický a/nebo vlhkoměrný monitoring vodního režimu půd (TESAŘ *et al.*, 2001), 4) měření srážek a odtoků v povodňových situacích (CZELIS A SPITZ, 2003), 5) simulace infiltrace vody do půdy (TESAŘ *et al.*, 1990).

### 2.7.1.2 PROPUSTNOST

Propustnost zasakovacího prostoru odvisí převážně od velikosti zrna, křivky zrnitosti a ulehlosti. U půd je rovněž rozhodující půdní struktura a teplota vody. Je vyjadřována součinitelem propustnosti  $k_f$ . U nesoudržných hornin se hodnota součinitele pohybuje obecně mezi  $1 \cdot 10^{-2}$  až  $1 \cdot 10^{-10}$  m.s<sup>-1</sup>. Hodnoty  $k_f$  nižší než  $1 \cdot 10^{-6}$  m.s<sup>-1</sup> se mohou použít pouze u vsakování s akumulací (řízená retence), takže je třeba návrh zařízení doplnit odvedením přetoku. Při součiniteli propustnosti větším než  $1 \cdot 10^{-3}$  m.s<sup>-1</sup> prosakují při malých mocnostech nadloží srážkové vody tak rychle až do hladiny spodní vody, že není možno docílit doby zdržení dostačující pro přečištění chemickými a biologickými procesy. Pokud jsou hodnoty  $k_f$  nižší než  $1 \cdot 10^{-6}$  m.s<sup>-1</sup>, je doba vzduť ve vsakovacích zařízeních dlouhá. To může nastartovat v nenasycené zóně anaerobní procesy, které by mohly negativně ovlivnit její schopnosti zachytit a transformovat znečištění. Je třeba vzít v úvahu, že případně uměle navezená svrchní půdní vrstva vykazuje nižší propustnost než vrstvy podzemní, a tudíž je její hodnota  $k_f$  rozhodující (HLAVÍNEK *et al.*, 2007).

## 2.8 LEGISLATIVNÍ RÁMEC

Nutnost věnovat udržitelnosti vodních zdrojů pozornost připomněla již Evropská vodní charta přijatá ve Strasbourgu v r. 1968. Není bez zajímavosti, že několik let před jejím vyhlášením bylo hospodaření s vodními zdroji v ČR uspořádáno na principu, který byl následně doporučen – princip správy a plánování

užívání vod na bázi hydrologických povodí. Nicméně celosvětový posun ke zvýšení péče o udržitelnost vodních zdrojů nenastal, jak konstatoval předseda Světové komise pro vodu Ismail Seregeldim na 2. Světovém fóru o vodě v Nizozemském Haagu (*PUNČOCHÁŘ, 2003*).

V ČR nejsou v současnosti pro nové metody odvodňování území vytvořeny legislativní, technické, ekonomické ani společenské předpoklady, které by jednoznačně a koordinovaně formovaly celospolečenský zájem s dešťovou vodou hospodařit (*VÍTEK, 2008*). Vezmeme-li v potaz dokumenty a programy EU (např. *směrnice 2000/60/ES*), či podíváme-li se na řešení odvodňování v jiných vyspělých zemích světa, musíme si uvědomit, že je nezbytné učinit změny ve smyslu uvedených podmínek a předpokladů, a především v přístupu k nakládání se srážkovou vodou (*ZEDNÍK A HUZLÍK, 2010*).

Je nutné, aby si města pro pravidla územně plánovacích dokumentací vybrala předpis uznávaný v EU, podle kterého bude retence do územního plánu zakódována. K tomu, aby se situace vyvíjela perspektivním směrem, je nanejvýš potřebné zahájit systematickou přípravu zavedení hospodaření s dešťovou vodou. Cesta k tomu, aby se hospodaření s dešťovou vodou stalo základním principem vodního hospodářství, má v současnosti dvě podoby:

- **Realizace systémových změn a opatření s celostátní působností**

Systémový přístup znamená vytvořit v naší zemi prostředí, kde budou zkoordinované všechny zákonné a technické normy a ekonomické podmínky pro navrhování, realizaci a provozování odvodňovacích systémů (*VÍTEK, 2007*). Zavedení systému představuje dlouhodobou přípravu založenou zejména na aktivitě zákonodárců a ministerských úředníků (*VÍTEK, 2008*).

- **Zavedení účelových pravidel s místní působností**

Hospodaření s dešťovou vodou mohou však města zavést dříve než se tak stane na základě systémových opatření státu. To lze docílit zahrnutím pravidel hospodaření s dešťovou vodou do územního plánu města (*VÍTEK, 2007*). K zásadním principům pak bude patřit zejména prosazování, namísto konvenčního řešení odvodnění, zasakování vody nebo alespoň retence odváděných vod (*ZEDNÍK A HUZLÍK, 2010*).



## 2.8.1 ZMĚNA LEGISLATIVY

Nutné změny v zákonech:

- Zákon o vodách – kategorizace pojmu dešťová voda v souvislosti s tím, kdy se z vody dešťové stává voda odpadní (VÍTEK, 2005). V české legislativě je hlavním problémem to, že není jednotný náhled na terminologii v oblasti dešťových vod. Zatímco vodní zákon je zahrnuje pod vodu povrchovou, zákon o vodovodech a kanalizacích mluví o vodách srážkových, kdežto např. stavební zákon uvádí vody dešťové. Stejně tak není rozlišeno, kde je povrchový odtok ze srážky znečištěný a kde nikoliv. Z definice odpadní vody ve vodním zákoně lze předpokládat, že povrchový odtok je nutné považovat za odpadní vodu. To je však v rozporu s dalšími předpisy, kde se za odpadní vodu nepovažuje ani směs splaškových a dešťových vod (STRÁNSKÝ *et al.*, 2008).
- Doplnění stávajících zákonů – stavební zákon, zákon o komunikacích, atd. (VÍTEK, 2005).

## 2.8.2 VYTVOŘENÍ NOVÝCH PRAVIDEL A ZMĚNA PRAVIDEL STÁVAJÍCÍCH

- Koordinovaně doplnit jsoucí normy pro stokování, dopravní stavby, pozemní stavby a terénní úpravy tak, aby tyto předpisy společně respektovaly principy hospodaření s dešťovou vodou a neodporovaly si.
- Předejít špatné funkci na základě špatné údržby stanovením pravidel pro provozování objektů k hospodaření s dešťovou vodou (VÍTEK, 2005).

## 2.8.3 ZMĚNA EKONOMICKÉHO PROSTŘEDÍ

Základním předpokladem k objektivnímu pojmenování a vyčíslení hodnoty dešťové vody je zavést zpoplatnění odvodu dešťové vody ze všech nemovitostí.

V metodice vybírání stočného za dešťovou vodu je nutné zohlednit to:

- že dešťová voda, která proteče průlehem a retenční rýhou, má jinou hodnotu než voda, která bez jakéhokoliv zadržení odtéká přímo do stokové sítě;
- že majitel, který zasakuje na svém pozemku, šetří finance obecní;
- že rozumně uplatňovaná pravidla urychlí zavedení trendu řešit přívalové srážky lokálními retencemi na soukromých pozemcích (VÍTEK, 2005).

## 2.8.4 ZMĚNA SPOLEČENSKÉHO PROSTŘEDÍ

Uskutečnit smysluplnou osvětu a školení na celostátní úrovni (VÍTEK, 2008).

## 2.9 POŽADAVKY NA ODVODNĚNÍ PK

### 2.9.1 ZÁKLADNÍ PARAMETRY PRO NÁVRH ODVODNĚNÍ

Odvodnění je dimenzováno na průtoky vody počítané dvěma způsoby:

- **Pomocí návrhového deště** – užívá se pro návrh stokových sítí a podrobného odvodnění komunikace (např. vpusti, rigoly, příkopy, ...).
- **Pomocí charakteristik povodí** – užívá se pro otevřené vodoteče sbírající vodu především z povodí mimo komunikaci. To jest především pro vodoteče komunikace křížující (např. dimenze otvorů propustků, apod.).

Metody pracují s periodicitami v úrovni od jednoletého do stoletého opakování povodně (n–leté povodně). Z charakteristik povodí se dále odvozují i průtoky s opakováním do jednoho roku (m–denní vody). Nejčastější způsob získávání potřebných údajů je od Hydrometeorologického ústavu nebo analogickým přepočtem hledaných údajů ze známých hodnot dle ČHMU (TP 83, 2008).

### 2.9.2 ZÁSADY PRO VÝPOČET NÁVRHU ODVODŇOVACÍHO ZAŘÍZENÍ

Příkopy PC se navrhují na průtok srážkových vod. Za základ se bere neredukovaná intenzita 15-ti minutového deště s periodicitou 2 roky. Průtoky lze stanovit zpravidla použitím metody čísel odtokových křivek CN, popř. podle ČSN 75 6101 a TP 83, nebo podle Hydrologické směrnice pro povodí do 5 km<sup>2</sup>.

Při hydrotechnickém výpočtu se použije Chezyho rovnice:  $v = C\sqrt{R \cdot J}$

z toho pak největší průtokové množství

$$Q = v \cdot S$$

kde  $v$  je rychlost vody v m . s<sup>-1</sup>;

$Q$  návrhové průtokové množství u m<sup>3</sup> . s<sup>-1</sup>;

$S$  průtočná plocha v m<sup>2</sup>;

$C$  rychlostní součinitel, stanoví se podle Manninga ze vztahu:

$$C = 1 / n \cdot R^{1/6}$$

- O omočený obvod (dovolená hladina průtoku je 0,15 m pod nižší teoretickou hranou příkopu nebo rigolu) v m;
- J podélný sklon dna v %;
- n součinitel drsnosti v Manningově vztahu pro výpočet C;
- R hydraulický poloměr ( $R=S/o$ ) (*DUMBROVSKÝ, 2004*).

## 2.9.3 VOZOVKA A PLÁŇ

### 2.9.3.1 ODVODNĚNÍ POVRCHU VOZOVKY

#### POVRCH VOZOVKY

Odvodnění povrchu vozovky se zajistí příčným sklonem vozovky a podélným sklonem nivelety (*ČSN 73 6101, 2004*). Základní příčný sklon se navrhuje střešovitý 2,5 % (min. 2,0 %) a ve směrových obloucích na délku vzestupnice přechází plynule na sklon jednostranný (výjimku tvoří oblouk bez dostředného sklonu) (*KAUNA LEHOVEC, 2004*). Pro PC se příčný sklon volí takto:

- u jednopruhových obvykle jako jednostranný (výjimečně jako střešovitý);
- u dvoupruhových obvykle jako jednostranný, popř. střešovitý.

Nejmenší hodnoty základního příčného sklonu závisí na druhu krytu PC :

- kryty asfaltové a cementobetonové 2,5 %;
- kryty dlážděné, z dílců, stabilizované nebo šterkové 3,0 %;
- povrchy nezpevněných (zemních, popř. zatravněných) cest 4,0 - 6,0 %.

Pro odtok vody z povrchu vozovky je určující výsledný sklon, který musí být nejméně 0,5 %. Výsledný sklon jízdního pásu nezpevněných polních cest nesmí překročit 11 % (úseky s větším výsledným sklonem je třeba zpevnit) a zároveň nesmí klesnout pod 4 %. Výsledný sklon jízdního pásu m se získá jako vektorový součet podélného a příčného sklonu podle vzorce:  $m = \sqrt{s^2 + p^2}$

kde m je výsledný sklon jízdního pásu v %,

s podélný sklon jízdního pásu v %,

p příčný sklon jízdního pásu v % (*DUMBROVSKÝ, 2004*).

Návrh konstrukce vozovky má vyloučit v návrhovém období nerovnosti, které by bránily odtoku vody z povrchu vozovky. V úsecích, kde dochází

k překlápění vozovky do opačného příčného sklonu, je podélný sklon nivelety, který vyloučí oblasti se špatnými odtokovými poměry, roven nebo větší než 1,0 %.

Podélný sklon nivelety menší než 0,5 % je přípustný v těchto případech:

- Povrchová voda z vozovky je odváděna příkopy, svahy tělesa silnice jsou zabezpečeny proti erozi a výsledný sklon vozovky je nejméně 0,5 % (ČSN 73 6101, 2004). Na zpevněných PC je pak roven 0,5 % (popř. 0,3 %) a na nezpevněných PC 2 % (DUMBROVSKÝ, 2004).
- Povrchová voda z vozovky je zachycována u okraje vozovky (odvodňovací proužek, rigol) a její podélné odvodnění je zajištěno zvláštním odvodňovacím zařízením (např. žlaby nebo štěrbínové žlaby) (ČSN 73 6101, 2004).
- Svahová dostupnost traktoru je 15% (26,8 %) v podélném směru a 11 % (19,4 %) v příčném směru (DUMBROVSKÝ, 2004).

Největší dovolený dostředný sklon ve směrovém oblouku je 6 %, v točce až 8 %. Na PC, které se v zimě nevyužívají je možné navrhovat dostředný sklon výjimečně až 8 %. Nejmenší dovolený dostředný sklon v oblouku je stejný jako příčný sklon PC v přímé (DUMBROVSKÝ, 2004).

## **ZPEVNĚNÁ KRAJNICE**

Další postup vody je takový, že z jízdniho pásu stéká přes vodící proužek na zpevněnou část krajnice se stejným sklonem jako má jízdni pás (KAUN A LEHOVEC, 2004). Únosnost zpevněné části krajnice musí odpovídat potřebě občasného využívání jako jízdniho pruhu při opravách, rekonstrukcích, haváriích apod. Minimálně se má navrhovat na 1/3 zatížení vozovky nebo na jiné v projektu zdůvodněné zatížení v souladu se zvláštním předpisem, při němž je vyloučen vznik trvalých deformací v krátkém časovém období. V technicky odůvodněných případech může mít krajnice stejnou konstrukci zpevnění jako jízdni pruhu (ČSN 73 6133, 1998).

## **NEZPEVNĚNÁ KRAJNICE**

Dále voda pokračuje na nezpevněnou část krajnice se sklonem 8 % k hraně silniční koruny jak v přímé, tak i ve směrovém oblouku. Z nezpevněné části krajnice stéká voda po svahu silničního tělesa (KAUN A LEHOVEC, 2004). Nezpevněná část krajnice s podélným sklonem menším nebo rovným 3 % se zvlášť neupravuje.

Na PK s podélným sklonem větším než 3 % se provede úprava povrchu podle zvláštního předpisu, aby nedošlo k erozi. Na krajnicích z vátých písků se zpevní proti erozní činnosti vody v celé šíři podle ČSN 73 6133 (1998). Jestliže je v prostoru části nezpevněné krajnice započítané do volné šířky umístěn obrubník nebo rigol, rozdíl výšek tohoto vybavení oproti výšce okraje zpevněné krajnice může být nejvíce 0,07 m pro návrhové rychlosti větší než 60 km/hod. a 0,09 m pro návrhové rychlosti do 60 km/hod. Plocha mezi okrajem zpevněné krajnice a rigolem nebo obrubníkem musí být zpevněna na ochranu proti erozi (ČSN 73 6101, 2004).

### **2.9.3.2 ODVODNĚNÍ OCHRANNÉ VRSTVY A ZEMNÍ PLÁŇ**

Pro návrh podkladních vrstev platí ustanovení ČSN 73 6114 (1995) a TP 170 (2010). Odvodnění podkladních vrstev může být zajištěno vložení nepropustné fólie nebo provedením nepropustné vrstvy, a to v obou případech v příčném a podélném sklonu.

#### **OCHRANNÁ VRSTVA**

Ochranná vrstva se odvodňuje příčným sklonem pláně do podélných drenáží, v zářezu vyvedením do svahu zemního tělesa min. 200 mm nade dno příkopu u dvou pruhových komunikací a 400 mm u směrově rozdělených komunikací (KAUN A LEHOVEC, 2004).

#### **ZEMNÍ PLÁŇ**

Odvodnění zemní pláně zajišťuje její příčný sklon v min. hodnotě 3 % (KAUN A LEHOVEC, 2004). Na dálnicích a směrově rozdělených silnicích se změni základní příčný sklon od místa ležícího pod vnitřním okrajem vnitřního vodícího proužku, a to na 6 % (ČSN 73 6101, 2004). Ve směrových obloucích, je-li sklon > 3 %, sleduje sklon pláně sklon povrchu vozovky. Vodu z povrchu pláně odvádí ochranná vrstva do podélné drenáže (KAUN A LEHOVEC, 2004). Kryty musí mít vyhovující protismykové vlastnosti povrchu podle ČSN 73 6177 (2009) a musí zajišťovat rychlý odtok povrchových vod. U skalních zářezů je nutno pláň vyřešit tzv. přestřelením do nezámrazné hloubky, nebo vyrovnat skalní nerovnosti hubeným betonem tak, aby voda, která by případně pronikla na tuto pláň, nezůstávala ve skalních prohlubních, kde by v mrazovém období vytvářela zdroje ledových čoček (TP 83, 2008).

## 2.9.4 DRUHY ODVODŇOVACÍCH ZAŘÍZENÍ

Silniční těleso včetně aktivní zóny podloží musí být zabezpečeno proti škodlivému působení podzemních i povrchových vod (*KAUN A LEHOVEC, 2004*).

Pro zachycení a neškodné odvedení vod se navrhnu odvodňovací zařízení:

- **otevřená** – příkopy, rigoly, odvodňovací proužky, otevřené žlaby, odvodňovací žlábkové a šterbinové žlaby, skluzy, kaskády, stupně, prahy a vývary, vsakovací jámy a vsakovací prostory, uliční vpusti a horské vpusti;
- **krytá** – odvodňovací potrubí, kryté žlaby a stoky, drenáže (trativody) ;
- **nebo jejich kombinace** (*ČSN 73 6101, 2004*).

### 2.9.4.1 PŘÍKOPY

V publikaci *TP 83 (2008)* se dočteme, že příkopy jsou rozhraním mezi komunikací a přilehlým terénem. Tvoří tak recipientní prostor k zachycení vod přitékajících z povodí. V základním návrhu je třeba posoudit příkopy z hlediska dostatečné kapacity právě pro vody z přilehlých ploch. Příkopy se zřizují podél okraje silniční koruny, u paty násypu, podél temena zářezového svahu a případně mimo silniční těleso. Jejich tvar závisí na jejich vlivu na bezpečnost silničního provozu, kapacitních požadavcích, sklonech přilehlých svahů silničního tělesa a terénu a geotechnických podmínkách území.

Příkopy se navrhují:

- v základním trojúhelníkovém tvaru se sklony svahů nejvíce 1: 2,5;
- ve tvaru lichoběžníkovém se šířkou dna nejméně 0,30 m a sklony svahů nejvíce 1: 2,5 v odůvodněných případech, např. z kapacitních důvodů;
- ve tvaru lichoběžníka s větším sklonem svahu než 1: 2,5, jestliže je příkop oddělen od koruny silničního tělesa a na úsecích silnic s nejvyšší dovolenou rychlostí do 60 km/hod.

Příkopy, jejichž dno leží nad úrovní pláne zemního tělesa, musí být vždy zpevněny a doplněny podélnou drenáží. Podélný sklon dna příkopu musí být větší nebo rovný 0,5 %, u zpevněného dna nejméně 0,3 %. Návrh zpevnění je třeba posoudit pro podélné sklony dna větší než 3 % (*ČSN 73 6101, 2004*). Příkopy se zpevňují k zabránění eroze v závislosti na podélném sklonu a hydrotechnických poměrech. Maximální podélný sklon nezpevněného dna příkopu by neměl přestoupit

hodnotu 3 %, výjimečně při krátkých příkopech a malých množstvích vody nejvýše 5 %. Při sklonu větším než 5 % je nutné zřizovat kaskády.

#### **2.9.4.2 RIGOLY**

Rigoly se navrhují:

- v zářezech pro úsporu výkopu a místo příkopů pro úsporu záboru pozemků:
  - za hranou koruny silniční komunikace v běžných případech;
  - na úkor nezpevněné části krajnice ve stísněných poměrech;
- na dopravních plochách obslužných dopravních zařízení, které nelze odvodnit příkopy do okolních území.

Největší dovolená hloubka rigolu je 0,30 m a nejmenší dovolený sklon 0,5 %, v obtížných poměrech 0,3 % (*ČSN 73 6101, 2004*), ale to jen v případě zpevněného dna (*ČSN 73 6110, 2006*). V *TP 83 (2008)* se uvádí, že hranice podélného sklonu je považována za mezní hodnotu pro záměnu rigolu za šterbinový žlab. Pro návrh šterbinových žlabů platí *TP 152 (2002)* doplněné následujícími podmínkami:

- při sklonu 0,2 až 0,3 % se doporučuje prosté nahrazení rigolu šterbinovým žlabem s nepropustným dnem;
- při sklonu 0,2 až 0,1 % se užití šterbinové žlaby s umělým vnitřním sklonem se sestavou s jednostrannou orientací zvýšeného umělého sklonu ve směru sklonu vozovky;
- při sklonu menším než 0,1 % se užití sestavy šterbinových žlabů s umělým vnitřním sklonem s vpustí uprostřed a s čistícím kusem ve vrcholovém bodu.

Rigoly musí být vždy zpevněny a doplněny podélnou drenáží (trativodem). U vozovek s cementobetonovým krytem je v odůvodněných případech možno použít tvary monolitických rigolů a žlabů prováděné minifinišerem SGME nebo POWER-CURBER (*KAUN A LEHOVEC, 2004*).

#### **2.9.4.3 ODVODŇOVACÍ PROUŽKY**

Za odvodňovací proužky se považuje část vozovky nebo krajnice zpravidla podél obrubníku, která slouží k odvedení vody. Navržení přejezdného obrubníku u okraje vozovky umožní zachycení vody z vozovky a její soustředěný odtok,

zejména skluzem mimo silniční korunu do jiného odvodňovacího zařízení. Tento návrh je vhodný pro oddělení odtoku znečištěné dešťové vody z vozovky od vody čisté z ostatních ploch a pro zabránění eroze násypových svahů v případě velkého odtoku dešťové vody z větších zpevněných ploch (*ČSN 73 6101, 2004*).

Příčný sklon odvodňovacího proužku musí klesat k obrubníku. Nejmenší příčný sklon se rovná příčnému sklonu přilehlého zpevnění. Největší příčný sklon nesmí přestoupit 6 %. Podélný sklon odvodňovacího proužku sleduje zpravidla podélný sklon nivelety. Pokud je však její sklon menší než 0,5 %, uspořádá se podélný sklon odvodňovacího proužku. Tato úprava nesmí zasahovat do jízdních pruhů, může zasahovat do pruhu parkovacího a zastavovacího. Ve směrovém oblouku na vnější straně dostředně klopeného jízdního pásu se odvodňovací proužky nenavrhují (*ČSN 73 6110, 2006*).

#### **2.9.4.4 OTEVŘENÉ ŽLABY, ODVODŇOVACÍ ŽLABY A ŠTĚRBINOVÉ ŽLABY**

Otevřené žlaby se navrhují zpravidla za záchytným zařízením. Odvodňovací žlábků nebo štěrbinové žlaby jsou podélná odvodňovací zařízení krytá mřížemi nebo zakrytím s příčnými štěrbinami nebo podélnou štěrbinou. Vtokové mříže musí vyhovovat *ČSN EN 124 (1996)* a *ČSN EN 1433(2009)*.

#### **2.9.4.5 SKLUZY , STUPNĚ, PRAHY, KASKÁDY A VÝVARY**

Skluzy se zřizují pro případný svod vody po svazích zemního tělesa. Stupně, prahy a kaskády se navrhnu podle potřeby na otevřených odvodňovacích zařízeních vlastní silnice, na zařízeních přivádějících vodu z okolních pozemků a na zařízeních odvádějících vodu od silničního tělesa. Vhodně se doplní vývary, horskými vpustěmi, apod. (*ČSN 73 6101, 2004*).

#### **2.9.4.6 VSAKOVACÍ JÁMY A POTRUBÍ**

Vsakovací jámy nebo potrubí jsou odvodňovací zařízení, která odvádějí vodu průsakem do okolního terénu. Vsakováním může být odváděna i voda ze silničního tělesa (*ČSN 73 6101, 2004*). Jejich zřizování je přípustné jen ve zcela nevyhnutelných případech, a to jen v prokazatelně vyhovujících půdních podmínkách zaručujících, že pozemky budou v místech neškodných z hlediska možného znečištění podzemních vod (*KAUN A LEHOVEC, 2004*).



#### 2.9.4.7 ULIČNÍ VPUSTI A HORSKÉ VPUSTI

Dešťové vpusti jsou odvodňovací zařízení sloužící k odvedení povrchové vody soustředěné na vozovkách a dopravních plochách (ČSN 73 6101, 2004) přitékajících přes rigoly nebo příkopy pomocí přípojek do sběrných stok (TP 83, 2008). Při vysoké rychlosti vody na vtoku se užívají horské vpusti. (ČSN 73 6101, 2004). Všeobecně sestávají z vtokové mříže a spodního dílu. Podle odtoku se dělí na vpusti se zápachovou uzávěrou nebo bez zápachové uzávěry (TP 83, 2008). Vtokové mříže vpustí musí vyhovovat ČSN EN 124 (1996). V intravilánu se používají mříže, do kterých voda vtéká shora nebo ze strany. Mříže sestávají z vlastní vtokové mříže a rámu s trychtýřem a s vestavěným kalovým košem (TP 83, 2008).

#### 2.9.4.8 DRENÁŽE (TRATIVODY)

Dle TP 83 (2008) jsou drenáže zařízení zachycující podzemní vodu. Svádějí ji do vhodného místa a umožňují volný průchod vody horizontálně či vertikálně. Drén nemusí být jen perforované potrubí, ale i šterková vrstva či konstrukce ze speciální geotextilie. Podélná drenáž se navrhuje:

- v zářezu;
- v násypu podél patních příkopů, jejichž dno leží nad úrovní rostlé pláně.

V zářezu se umísťuje drenáž mezi dnem příkopu nebo rigolu a zpevněnou krajnicí či bezpečnostním zařízením tak, aby jeho poloha umožňovala:

- odvodnění zemního tělesa i v průběhu úpravy zemní pláně;
- prohlídky a údržbu po výstavbě při případné poruše jeho funkce, a to bez nutného odstraňování bezpečnostního zařízení a bez vážnějšího porušování ukončení jednotlivých vrstev vozovky.

Povrchové odvodnění vsakovací drenáží se navrhuje podle zvláštních předpisů TP 51 (1992). V odůvodněných případech lze navrhnout trativod, který je tvořen rýhou vyplněnou pouze propustným materiálem (ČSN 73 6101, 2004). Vzdálenost vyústění nebo odlehčení podélného trativodu a světlost trativodek se musí stanovit hydrostatickým výpočtem. Nejmenší světlost trativodek z pálených cihlářských hlín použitých v silničním stavitelství je 100 mm, z prefabrikovaných trativodek z plastických hmot pak 80 mm. Minimální sklon trativodek je 0,5 %. Voda z podélného trativodu se vyvádí buď příčnými trativody do svahových skluzů,

nebo do odvodňovacího potrubí. V místech odbočení příčného trativodu nebo v místech směrových lomů se zřizují revizní šachty. Trativodní kontrolní šachty se umísťují po vzdálenostech 50 m až 100 m od sebe a po vzdálenostech 150 m až 300 m, tj. po třech úsecích mezi šachtami, se trativod zaústí do kanalizace nebo je trativodním výústím vyveden do podélného příkopu (*KAUN A LEHOVEC, 2004*). U PK vedoucích v extravilánu jsou nové vozovky (i rozšířené stávající) vedeny po historicky meliorovaných pozemcích. Mohou to být podrobná pera svedená do melioračních hlavnků, nebo to jsou drény štěrkové (*TP 83, 2008*).

#### **2.9.4.9 ODVODŇOVACÍ POTRUBÍ**

Odvodňovací potrubí se navrhuje:

- u zářezových příkopů či rigolů sloužících k odvádění většího množství vody;
- jako sběrný svod vody z příčných trativodů nevyústitelných do svahových skluzů, např. z pozemkových důvodů;
- při přechodu zářezu do násypu, nelze-li uplatnit otevřené odvodňovací zařízení (*KAUN A LEHOVEC, 2004*).

Odvodňovací potrubí se vyústí buď přímo do vodního recipientu nebo do otevřeného příkopu (popř. do vsakovacích jam), pokud není nutné navrhnout čisticí zařízení podle zvláštního předpisu. Poklopy šachet odvodňovacího potrubí se zásadně neumisťují do jízdního pásu. Pokud je vstupní nebo revizní šachta umístěna v prostoru nezpevněné části krajnice (popř. částečně zasahuje do části zpevněné), je nutné její poklop dimenzovat na pojíždění. Poklopy šachet umístěné v nezpevněné krajnici nesmí vyčnívat nad přilehlý povrch tak, aby tvořily pevnou překážku (pokud nejsou za svodidlem) (*ČSN 73 6101, 2004*).

## 2.10 PŘÍRODĚ BLÍZKÉ ODVODNĚNÍ SILNIC

V současné době existuje celá řada důvodů pro omezení odtoku dešťové vody z jednotlivých nemovitostí. S ohledem na ochranu ŽP, ale i s ohledem na technické a ekonomické souvislosti je potřebné snižovat množství odváděných dešťových vod při využití všech možností přes „propustné programy“ při úpravě zpevněných povrchů a retenci (*MIFKOVÁ, 2009*).

Nutné je usilovat o taková opatření, která podpoří odpařování, vsakování a regulovaný odtok. Cílené vsakování dešťové vody slouží ke kompenzaci zpevňování ploch a zmenšování tvorby podzemní vody. Vsakovací plocha se však musí nacházet mimo pásma ochrany vod a léčivých pramenů a mimo plochy se starými zátěžemi. Není-li možné zajistit plošné vsakování přes horní vrstvu půdy, lze po předčištění umožnit vsakování i pomocí vsakovacích drenáží nebo vsakovacích jam. Pokud podloží či zástavba vsakování neumožňují nebo je-li výstavba příliš nákladná, zůstává nadále nutností svod do povrchových vod. Dalším důvodem, který toto opatření neumožňuje provést je nebezpečí sesuvů při vysokém stavu podzemní vody ve svážném území nebo při nebezpečí zamokření podloží (*MEIBNER et al., 2005*).

### 2.10.1 VOLBA PRVKŮ PŘÍRODĚ BLÍZKÉHO ODVODNĚNÍ

Spadají sem propustné povrchy, povrchové odvádění, retence, čištění a vsakování. Například travníky a zatravněné šterkové vrstvy disponují vysokou retenční a odpařovací kapacitou a středním mechanickým a biologickým čistícím výkonem. Dlažba se zatravněnými spárami a vegetační dílce dosahují lepšího čistícího výkonu a odpařování přes zarostlé spáry díky jemným minerálním a organickým částicím, ale snižují přímé vsakování. Betonová dlažba z mezerovitého betonu přijímá srážkovou vodu dutinami a drenážními spárami předává srážkovou vodu do podloží stavby (*MEIBNER et al., 2005*).

### 2.10.2 DIMENZOVÁNÍ

Při dimenzování takovýchto opatření je třeba provést výpočet akumulčního i retenčního prostoru. Při výpočtu akumulace vycházíme z podmínky, aby se objem akumulace rovnal objemu povrchového průtoku z výše ležícího území vyvolaného deštěm zvolené periodicity a doby trvání.

### Výpočet akumulace:

$$V_A = F \cdot i_A \cdot \varphi_A \cdot t_A$$

kde  $V_A$  je akumulční objem [ $m^3$ ]

$F$  sběrná plocha  $F = L \cdot D$  [ $m^2$ ]

$i_A$  intenzita náhradního přívalového deště s  $p = 1$  [ $ms^{-1}$ ]

$\varphi_A$  průměrný objemový odtokový koeficient (0,3 – 0,8)

$t_A$  čas trvání deště, uvažuje se 3600 s

$$S_A = V_A / D$$

kde  $S_A$  je akumulční příčná plocha [ $m^2$ ]

$D$  délka průlehu [m]

$$h_A = (S_A / m)^{1/2}$$

kde  $h_A$  je akumulční hloubka [m]

$m$   $\cot g$  úhlu sklonu svahu

$$b_A = 2 \cdot m \cdot h_A$$

kde  $b_A$  je šířka akumulční hladiny [m] (*DUMBROVSKÝ, 2004*).

### 2.10.3 ZAŘÍZENÍ KE VSAKOVÁNÍ DEŠŤOVÝCH VOD

Hlavními technickými principy pro zasakování jsou:

- **plošné zasakování**
  - travnaté plochy, zatravněné šterkové plochy, zatravněvací tvárnice
  - propustné dláždění, propustný asfalt (beton)
- **vsakování s nadzemní retencí vody**
  - vsakovací průleh a vsakovací nádrž
- **vsakování s podzemní retencí vody**
  - vsakování rýhové a vsakování potrubní
  - vsakování v šachách a plastové vsakovací bloky
- **vícetřískový vsakovací prvek, např. zatravněný příkop a pod ním ležící vsakovací rýha, nebo kombinace šachtového a potrubního (popř. rýhového) vsakování**
  - kombinace vsakování v průlehu s potrubím nebo rýhovým vsakováním
  - kombinace vsakování v šachtě s potrubním nebo rýhovým vsakováním (*HLAVÍNEK, 2007*).

### **2.10.3.1 PLOŠNÉ VSAKOVÁNÍ**

Pro použití plošného vsakování jsou vhodné především cesty v parcích, sportovní areály, náměstí, plochy dvorů a cest k obytným domům. Vsakování probíhá skrze propustný, zpevněný nebo porostlý povrch. Musí být zabezpečeno, aby vsakovací schopnost půdy byla větší než očekávaný dešťový odtok. Pokud schopnost půdního podkladu přijímat vodu není dostatečná, je žádoucí použít k odvodnění zemní pláň drenáž. V krycí vrstvě porostlé vegetací s vysokým obsahem humusu dochází k čištění prosakující dešťové vody a tím k zachycování a odbourání znečištění (HLAVÍNEK, 2007).

### **2.10.3.2 VSAKOVÁNÍ S NADZEMNÍ RETENCÍ VODY**

Využívá se při dostatku místa pro plošnou infiltraci a při jeho realizaci je vhodné přihlédnout k estetickému hledisku (např. doplnit vhodným rostlinným porostem a trvalou vodní plochou) (HLAVÍNEK, 2007).

### **VSAKOVÁNÍ PRŮLEHY**

Průlehy mohou být zatravněné, porostlé vegetací nebo obsypané štěrkem. Obecně jsou odtoky vedeny přímo ze zpevněných ploch, kdy je nutno zajistit co možná nejrovnoměrnější přetékání přes celou okrajovou hranu plochy. Při bodovém zaústění z otevřené rýhy nebo trubního vedení musí být učiněna opatření k rovnoměrnému rozmístění a proti vyplavení (HLAVÍNEK, 2007).

### **VSAKOVACÍ NÁDRŽE**

Vyspádování dna nádrže směrem k místu přítoku zabrání tomu, aby se zanášelo celé dno. Dochází ovšem k zesílenému usazování v blízkosti přítoku. Zpravidla je vsakovací nádrži předřazováno usazovací zařízení, vybavené zařízením k zachycení plovoucích nečistot (nornou stěnou). Pokud nádrže nemají předřazeno usazování, je nutno pro dimenzování počítat s propustností dna sníženou na pětinu. Smysluplné použití je jen při větších odvodňovaných územích (od 1 ha). Nutné je zřídit oplocení, jelikož naplněná nádrž představuje možnost ohrožení pro děti (HLAVÍNEK, 2007).

### **2.10.3.3 VSAKOVÁNÍ S PODZEMNÍ RETENCÍ VODY**

Pokud není pro nadzemní zdržení dešťové vody k dispozici dostatek plochy, může být voda zadržována také v podzemí – v šachtách, potrubích, rýhách nebo v plastových vsakovacích blocích. Při podpovrchové infiltraci je povrchová část půdního horizontu odstraněna a dešťový odtok je přímo zaústěn do spodních půdních horizontů, které neobsahují prakticky žádný humus. Tyto vrstvy vykazují podstatně nižší schopnost zachycení látkového znečištění než povrchové vrstvy. Tím stoupá nebezpečí kontaminace podzemní vody, a proto je nezbytné předčištění dešťového odtoku (*HLAVÍNEK, 2007*).

### **3 CÍL BAKALÁŘSKÉ PRÁCE**

Hlavním cílem bakalářské práce je vybrat vhodné příklady cestní sítě zohledňující retenci a akumulaci vody v extravilánu a intravilánu.

Vypracovaná rešerše na podkladě dostupných materiálů má zajistit potřebný přehled v problematice retence a akumulace srážkové vody na cestní síti. Především má za úkol nastínit nedostatky v oblasti legislativy, přiblížit současný stav uspořádání pozemků, posoudit varianty trasování polních cest z hlediska zlepšení hydrologických poměrů a technické parametry v oblasti odvodňovacích opatření. Dále se má soustředit na všeobecné přiblížení obecného vývoje polních cest v průběhu historie, hydrologických poměrů v krajině a fyzikálních vlastností půd.

Po důkladném shromáždění podkladů je dalším krokem bakalářské práce dokumentace problému demonstrována na vhodně zvolených příkladech již realizovaných cestních sítí zařazená v páté kapitole.

## 4 METODIKA

Návrh a realizace projektů PC se řídí podobnými nebo stejnými principy a předpisy jako ostatní PK vyššího významu. Při zpracovávání této bakalářské práce jsem se řídila zákonem o pozemních komunikacích č. 13/1997 Sb., českými státními normami (ČSN), které se zabývají specifickými oblastmi při navrhování pozemních komunikací a příručkami Technických podmínek (např. TP 83 Odvodnění pozemních komunikací). Přesný výčet těchto norem a dalších publikací je uveden na konci bakalářské práce v přehledu použité literatury.

Dále jsem čerpala ze skript vysokých škol technického a jiného zaměření (např. Pozemní komunikace 20, ČVUT Praha 2004 od autorů Kaun a Lehovce). Sít PC je řešena i v rámci PÚ jako součást PSZ. Tuto problematiku zpracovává např. Metodický návod pro komplexní pozemkové úpravy a související informace, VÚMOP, Praha, 2000 od autorů Dumbrovský, Mezera a kol.

Pro praktickou demonstraci příkladů cestní sítě jsem využila vhodné články z odborných časopisů, (např. Pozemkové úpravy nebo Silniční obzor) zapůjčené Ing. Petrem Málkem, Ph.D. a na Katedře krajinného managementu. Dále jsem využila materiály ze soutěže „Nejlepší realizované společné zařízení roku 2009,“ v kategorii „Protierozní a vodohospodářská opatření,“ poskytnuté prof. Ing. Tomášem Kvítkem, CSc. Tyto materiály obsahují i fotodokumentaci řešených PC uváděnou na úplném konci bakalářské práce v příloze.

Většina literatury, která se zabývá problematikou PK, se zaměřuje převážně na komunikace vyššího řádu a polní cesty jsou zmiňovány pouze pro úplnost. Pestrý historický i současný vývoj cestních sítí poukazuje na nutnost podrobnějšího posuzování, hodnocení a využívání nových poznatků v problematice budování nových PC, jakož i při údržbě a rekonstrukcích cest stávajících.



## 5 VÝSLEDKY

### 5.1 PŘÍKLADY CEST

#### 5.1.1 Zpevněná polní cesta v k.ú. Skřípov, okres Prostějov

##### Základní údaje o stavbě:

###### *Popis stavebního řešení:*

Dříve zde byla nezpevněná polní cesta s hluboko vyjetými kolejami, lemovaná náletovými dřevinami bez možnosti vjezdu na přilehlé zemědělské pozemky. V jednom z úseků se celoročně udržoval močál, který se obcházel a objížděl po polích. Dnes je polní cesta v k.ú. Skřípov skvostem mezi polními cestami v celé ČR (RYŠAVÝ, 2007).

Cílem stavby bylo zpřístupnit pozemky vlastníkům a vytvořit komunikační propojenost krajiny. Dalším úkolem bylo zadržetí vody v krajině, a to v údolí „Mitočinského potoka“ a v údolí při výjezdu u Šubířova. Tím bylo docíleno v předmětném úseku zamezení vodní eroze. Pro zvýšení biologické a estetické funkce území a zároveň snížení větrné eroze zpracovatel vysázel liniovou zeleň podél cesty a zájmové území zatravnil (PÚ PROSTĚJOV, 2007).

###### *Základní parametry:*

Řešení komunikace bylo navrženo jako jednopruhová PC kategorie P4/30 (jízdni pás asfaltobeton) s výhybnami délky 20 m, s náběhy 6 m zaoblenými na okrajích vozovky o poloměru  $R=30$  m. Součástí stavby byla realizace propustků, odvodňovacího zařízení, terénní úpravy zemníku na vodní plochy s mokřadním společenstvem, výsadba větrolamu, atd. (PÚ PROSTĚJOV, 2007).

###### *Odvodňovací zařízení:*

Na základě posudku byla niveleta cesty navržena nad okolní terén, který je směrem od vozovky vysvahován tak, aby srážkové vody odtékaly mimo vlastní zpevněnou cestu a nedocházelo k zasakování vody do podloží vozovky a konstrukčních vrstev. Dále byly realizovány zasakovací drény a trativody (PÚ PROSTĚJOV, 2007). V místě údolnice podél cesty vzniká trvalá vodní plocha, která zadržuje vodu v krajině a při přívalových deštích transformuje povodňovou vlnu propustkem bez přelítí zpevněné cesty (RYŠAVÝ, 2007).

## 5.1.2 Polní cesty včetně příkopů, k.ú. Chotěbudice

### Základní údaje o stavbě:

#### *Popis stavebního řešení:*

Pozemkový úřad Třebíč provedl na k.ú. Chotěbudice KPÚ a v jejím rámci realizoval výstavbu tří PC. Cesty spolu s příkopy mají zamezit zaplavování obce Chotěbudice, které zde bylo i několikrát do roka a následné odvedení vody mimo obec do řeky Želetavky. Samozřejmostí je, že slouží ke zpřístupnění okolních pozemků. Do místního krajinného rázu zapadla i nově vysázená alej ovocných stromů a volba materiálu příkopů z místního kamene spolu s ozeleněním dodávají PC vesnický ráz, což splňuje estetickou podmínku řešení. Dalším pozitivem realizace je využívání cest místními občany. Došlo tím ke snížení dopravy, hlavně zemědělské techniky ve vsi, neboť tyto PC plní funkci obchvatu (*MZE ČR, PÚ TŘEBÍČ, 2010*).

#### *Základní parametry:*

PC C5 je navržena jako jednopruhová P 5,0/30, s levostranným příčným sklonem, se zpevněnými krajnicemi a s levostranným příkopem. Svahy cesty jsou osety travní směsí. Příkop je zatrubněný DN600.

PC C23 má pravostranný lichoběžníkový příkop. Sklon nivelety je navržen tak, aby nedošlo k masivním výkopům pro těleso vozovky od 0,49 do 8,86 % a plynule navazuje na kraj zpevnění silnice II/410. Jedná se o jednopruhovou P 5,0/30, se zpevněnými krajnicemi. Příkop je zatrubněný DN600 a voda pokračuje do stávajícího melioračního dopadu a následně do řeky Želetavky.

PC C3 je jednopruhová P 5,0/30, s levostranným příčným sklonem, s levostranným příkopem. V úseku km 0,03 – 0,706 vlevo je vysázena jednostranná alej ovocných stromů (třešeň, jablonoň a hrušeň) (*MZE ČR, PÚ TŘEBÍČ, 2010*).

#### *Odvodňovací zařízení:*

Cesty s přilehlými příkopy jsou navzájem propojeny a jsou součástí protipovodňové ochrany obce a zároveň součástí PEO. Před realizací cest odtékaly povrchové vody od kopce „Kukač“ do středu obce. Vybudováním cest C3, C5 a C23 došlo k rozdělení povodí. Kolem těchto cest jsou nově vybudované příkopy, které přivádí vody k silnici II/410. Vzhledem k umístění cest a konfiguraci terénu byly vybudovány PC s levostrannými lichoběžníkovými příkopy. Šířka dna příkopů je

0,3 m, svahy jsou ve sklonu 1:1,25. Zpevnění svahů bylo provedeno kamennou dlažbou tl. 25cm do lože z prohozené zeminy na šikmou výšku svahu 0,3 m. Pláň byla odvodněna prostřednictvím podsypné vrstvy vyvedené do svahu levostranného příkopu, minimálně 0,20 m nade dno příkopu.

Nový příkop P23 kolem silnice druhé třídy II/410 je zaústěn do pravostranného příkopu cesty C23. Voda je dále vedena nově vybudovaným příkopem u cesty C23 do stávajícího melioračního odpadu a poté do řeky Želetavky.

Další nový příkop byl realizován na cestě C3. Jde o vodní tok v umělém korytě ve vlastnictví obce Chotěbudice. Příkop plynule navazuje na stávající koryto se shodným profilem. Příkop odvádí vody z povodí o velikosti 7,6 ha. Do příkopu P23 zaústíuje levostranný příkop kolem cesty C3 (*MZE ČR, PÚ TŘEBÍČ, 2010*).

### **5.1.3 Svodné a zasakovací průlehy včetně cestního příkopu podél polní cesty C 5 v k.ú. Vojnice**

#### **Základní údaje o stavbě:**

##### *Popis stavebního řešení:*

V rámci realizace navržených společných zařízení bylo vybudováno 6,5 km zpevněných PC, soustava PEO a protipovodňových opatření v celkové délce 7,2 km. Hlavními důvody pro zahájení PÚ bylo vyřešení neškodného odvedení povrchových vod a ochrana území před záplavami, zlepšení průchodnosti krajiny a odklonění těžké zemědělské techniky mimo intravilán, doplnění zeleně do krajiny a celkové zvýšení ekologické stability ObPÚ. Soustava svodných a zasakovacích průlehů je součástí navrženého a následně schváleného PSZ KPÚ v k.ú. Těšetice a Vojnice. Účelem těchto opatření je navýšení retenční schopnosti zemědělské krajiny, snížení eroze a zajištění ochrany intravilánu před záplavami. V intravilánu obce Vojnice docházelo při jarním tání a přívalových deštích k částečnému zaplavení některých obytných domů, na pozemcích v extravilánu k nadměrnému smyvu ornice, který vzhledem ke spádovým poměrům ohrožoval splaveninami vlastní intravilán obce. Cílem soustavy je propojení s cestními příkopy a tím zajištění zpomalení odtoku a následné neškodné odvedení povrchových vod z prostoru „Křelovského kopce“ a z navazujícího povodí. Celou soustavu průlehů doplňují další společná zařízení – polní cesta C5, biocentrum BC 17 a biokoridor BK 18, soukromé biocentrum „Běhalův lesík“ (*MZE ČR, PÚ OLOMOUC, 2010*).

### **Zasakovací průlehy ZP161/1, 161/2, 161/3**

Zasakovací průlehy řeší omezení smyvu ornice, zasáknutí a svedení povrchových vod z lokality „Křelovského kopce“ nad intravilánem Vojnic. Vytvářejí interakční prvky jež jsou součástí ÚSES. Průlehy jsou v celé šířce zatravněny a osázeny liniovou zelení (*MZE ČR, PÚ OLOMOUC, 2010*).

### **C2/1 SP-C162 svodný průleh, cesta**

Svodný průleh, cesta C2/1 SP-C162 (šířky 4 m) vychází ze stávající PC C 16 a je napojen na cestní příkop u PC C5. Část průlehu je vyspádována směrem ke svodnému průlehu C16 P3/30 a druhá část do cestního příkopu podél PC C5. Pod oběma komunikacemi je voda převedena propustkem DN 600 mm. Průleh je zatravněn včetně výsadby liniové zeleně (*MZE ČR, PÚ OLOMOUC, 2010*).

### **C2/2 SP-C162 svodný průleh, cesta**

Svodný průleh, cesta C2/2 SP-C162 (šířky 4 m) začíná napojením na cestní příkop u PC C5 a vede až na hranice s k.ú. Ústín – ke stávající PC C18. První část průlehu je odvodněna a vyspádována do cestního příkopu u cesty C5. Druhá část příkopu má funkci zasakovací (min. podélný sklon). Vsáknutí vody je upraveno zaštěrkováním. Svahy jsou proti erodování zpevněny oboustranně zatravněvacími panely a je zde vysazena liniová zeleň (*MZE ČR, PÚ OLOMOUC, 2010*).

### **Svodný průleh C16 P3/30**

Délka tohoto průlehu je 150 m, se sklonem svahů 1:4(8). Na začátku navazuje trubním propustkem DN 600 mm na svodný průleh, cestu C2/1 SP-C162. Na konci je průleh volně ukončen na stávajícím terénu v biocentru BC 17, kde je umožněn neškodný rozliv vody a zasáknutí. Břehy průlehu jsou zpevněny zatravněním (*MZE ČR, PÚ OLOMOUC, 2010*).

### **Cestní příkop u polní cesty C5**

Cestní příkop podél PC C5 zajistí svedení vod ze svodných a zasakovacích průlehu až do svodného průlehu SP2. Začíná u křižovatky silnice Vojnice – Příkazy a vede až na hranici k.ú. Trasa příkopu je vedena v údolnici v zemním tělese. Břehy příkopu jsou zpevněny zatravněním a v horní části je vysazena liniová zeleň (*MZE ČR, PÚ OLOMOUC, 2010*).

## 6 DISKUSE

Z nástinu historického vývoje PC je nutné podle mého názoru kriticky zhodnotit stávající stav cestních sítí, který je výsledkem hospodaření v několika předešlých desetiletích. Nevhodné zásahy na mnohých místech v celých územích způsobily nevratnou ztrátu paměti krajiny a dnes bezradně stojíme a těžce hledáme východisko. K rozhodnutí kde, jak, kudy a proč navrhnout a postavit novou cestu nám nepomůže nově vytvořená norma projektování PC, ale hluboká znalost vypozerovaných zákonitostí chování tohoto technického díla v krajině a pochopení potřeb komunity lidí, kteří žijí v krajině a obhospodařují ji (*MAZÍN, 2004*).

A nejen to. V ČR se stále více objevují nové metody odvodnění a nakládání se srážkovou vodou na PK. Jsou inspirované převážně zeměmi EU, ale i přes tento fakt *ZEDNÍK A HUZLÍK (2010)* uvádějí, že situace v řešení problému z pohledu hospodaření se srážkovou vodou při odvodňování PK je stále neuspokojivá. Abychom uchovali životadárné vlastnosti vody, musíme dešťové vodě věnovat mimořádnou pozornost právě tam, kde ji sotva vnímáme, na PK a prostranstvích. To znamená konkrétně co nejlépe využívat možnosti odpařování, zadržování a vsakování (*MEIBNER et al., 2005*).

Vsakování dešťové vody, resp. její zadržování na pozemku, je cesta, jak snížit následky dramatických změn v blízkém prostředí staveb. Bylo by vhodné, aby se tento způsob řešení rozšířil i při budování komunikací (*ŽABIČKA, 2008*). Charakter srážkových vod z PK je třeba posuzovat podle místa vzniku těchto vod a podle jejich jakosti, zda mohou ohrozit kvalitu povrchových nebo podzemních vod, do nichž odtékají. Prováděné odběry a měření znečištění, ale i praxe nezaznamenávají zásadní problémy s těmito vodami tam, kde nejsou dotčena území ochrany vodních zdrojů. Právě z tohoto pohledu by měl vycházet příslušný návrh odvodnění komunikace pro danou lokalitu do budoucna. Tedy zejména s respektováním podmínek, údajů a poznatků podrobného místního šetření (*ZEDNÍK A HUZLÍK, 2010*).

Klasické odvodňovací systémy jsou velice důležitým základem řešení PK. Lze-li však použít šetrnější způsob hospodaření v krajině, měli bychom se k němu přiklonit. Určitě nezavrhuji stávající propracovaný systém klasického odvodňování PK, protože rychlé odvedení srážkové vody z povrchu vozovky je nutné z důvodu zachování dobrých podmínek pro bezpečnou jízdu vozidel a omezení průsaku vody do konstrukčních vrstev zpevnění a na zemní pláň (*ČSN 73 6101, 2004*). Na druhou

stranu, proč nepřizpůsobit tato technická díla, v případě umožní-li to místní podmínky, více přírodě a nepodpořit tak přirozený koloběh vody v krajině i vhodnou výstavbou odvodnění. Odvodňovací zařízení musí být plánována ve shodě s koncepcí péče o krajinu a s územním plánem. Při správné ekologické a technické koncepci takovýchto zařízení se mohou snížit záporné vlivy na ŽP (TP 83, 2008).

Výstavba komunikací je též provázána řadou inovačních postupů spojených s technologiemi uplatňovanými i v souvislosti s nabídkou výrobců nových prvků a materiálů, mj. i v oblasti týkající se odvodnění. Při volbě materiálu pro stavbu odvodňovacího zařízení je třeba upřednostnit přírodní stavební materiály k vhodnému začlenění zařízení do krajiny a zároveň přihlížet k chemickým vlastnostem odváděné vody (především s ohledem na látky používané k zimní údržbě komunikací) a případně podzemní vody (agresivní voda) (TP 83, 2008).

Co však výrazně brání v novodobém pojetí hospodaření se srážkovými vodami na PK? Je to především česká legislativa, která neumožňuje provádění těchto opatření běžně používaných v jiných zemích EU. Jako nejvýznamnější problémy z této sféry bych zopakovala např. nedostatky v metodice vybírání stočného za dešťovou vodu, v kategorizaci pojmu dešťová voda nebo ve stávajících normách, o které by se šlo v případě jejich doplnění opřít, a které by jednoznačně a koordinovaně formovaly celospolečenský zájem s dešťovou vodou hospodařit. Vše je bohužel limitováno také finančními možnostmi, které lze čerpat jak z národních, tak z evropských zdrojů.

## 7 ZÁVĚR

Hlavním cílem bakalářské práce je nastínit problematiku cestních sítí a uvést vhodné příklady zohledňující retenci a akumulaci vody v extravilánu a v intravilánu.

Práce má dvě hlavní části. Literární přehled řešené problematiky pojednaný jako rešerše zajišťuje teoretický přehled a podklady pro řešení srážkové vody na cestní síti a druhá část bakalářské práce pod názvem výsledky uvádí příklady již realizovaných cest (Zpevněná polní cesta v k.ú. Skřípov, okres Prostějov; Polní cesty včetně příkopů, k.ú. Chotěbudice; Svodné a zasakovací průlehy včetně cestního příkopu podél polní cesty C 5 v k.ú. Vojnice).

## 8 PŘEHLED POUŽITÉ LITERATURY

1. ANTAL, J, et al. *Pol'nohospodárske meliorácie*. Bratislava, 1989. 472 s. In: ZÍDKOVÁ, E. *Návrh řešení cestní sítě pro komplexní pozemkovou úpravu*. České Budějovice, 2008. 76 s. Diplomová práce. JCU CB, Zemědělská fakulta, KPÚ.
2. Asociace čistírenských expertů České republiky, Odborná skupina. *Metodická příručka posouzení stokových systémů urbanizovaných povodí: Odvodňování urbanizovaných území*. Praha: AČE, 2009. 83 s.
3. BRUTSAERT, W. *Hydrology: An introduction*. Cambridge University Press, 2005, 605 s.
4. CZELIS, R; SPITZ P. Retention of water in the catchments during floods. *Acta Hydrologica Slovaca*, 2003, 4, 2, s. 233–241. In: LICHNER, L; ŠÍR, M; TESAŘ, M. Testování retenční schopnosti půdy – Aktuality šumavského výzkumu II. Srní, 2004, s. 63-67.
5. ČSN 73 6101. *Projektování silnic a dálnic*. Praha : ČNI, 2004. 126 s.
6. ČSN 73 6110. *Projektování místních komunikací*. Praha : ČNI, 2006. 128 s.
7. ČSN 73 6114. *Vozovky pozemních komunikací. Základní ustanovení pro navrhování*. Praha : ČNI, 1995. 28 s.
8. ČSN 73 6133. *Navrhování a provádění zemního tělesa pozemních komunikací*. Praha : ČNI, 1998. 80 s.
9. ČSN 73 6177. *Měření a hodnocení protismykových vlastností povrchů vozovek*. Praha : ČNI, 2009. 16 s.
10. ČSN 73 6201. *Projektování mostních objektů*. Praha : ČNI, 2008. 76 s.
11. ČSN 75 6101. *Stokové sítě a kanalizační přípojky*. Praha : ČNI, 2004. 40 s.
12. ČSN 75 6551. *Odvádění a čištění odpadních vod s obsahem ropných látek*. Praha : ČNI, 2009. 20 s.
13. ČSN EN 124. *Poklopy a vtokové mříže pro dopravní plochy. Konstrukční zásady, zkoušení, označování, řízení jakosti*. Praha : ČNI, 1996. 32 s.
14. ČSN EN 1433. *Odvodňovací žlábký pro dopravní a pěší plochy - Klasifikace, konstrukční zásady, zkoušení, označování a hodnocení shody*. Praha : ČNI, 2009. 56 s.
15. DUMBROVSKÝ, M, et al. *Metodický návod pro pozemkové úpravy a související informace*. Brno: VÚMOP, 2000. 207 s. In: ZÍDKOVÁ, E. *Návrh*



- řešení cestní sítě pro komplexní pozemkovou úpravu*. České Budějovice, 2008. 76 s. Diplomová práce. JCU CB, Zemědělská fakulta, KPÚ.
16. DUMBROVSKÝ, M. *Pozemkové úpravy*. Vyd. 1. Brno : Akademické nakladatelství CERM, s.r.o. Brno, 2004. 263 s. ISBN 80-214-2668-3.
  17. DUMBROVSKÝ, M; MEZERA, J; STŘÍTECKÝ, L. *Metodický návod pro vypracování návrhů pozemkových úprav*. Brno: Českomoravská komora pro pozemkové úpravy, 2004. 190 s.
  18. HLAVÍNEK, P, et al. *Hospodaření s dešťovými vodami v urbanizovaném území*. Brno: Ardec, 2007, 164 s., ISBN: 80-86020-55-X.
  19. HRÁDEK, F., KUŘÍK, P. *Hydrologie*. Praha: Skriptum FLE ČZU, 2002. 280 s.
  20. JENÍČKOVÁ, H. Plán společných zařízení a limity dané obvodem pozemkové úpravy a nedostatečná formální závaznost plánu jako úředního dokumentu. *Pozemkové úpravy*. 2008, 66, s. 4. ISSN 1214-5815.
  21. JONÁŠ, F, et al. *Pozemkové úpravy*. Vyd. 1. Praha : Státní zemědělské nakladatelství, 1990. 512 s. ISBN 80-209-0106-X.
  22. KANTOR, P. *Lesy a povodně*. Praha: MŽP, 2003. 48 s.
  23. KAUN, M; LEHOVEC, F. *Pozemní komunikace 20*. Praha: ČVUT, 2004, 230 s.
  24. KEMEL, M. *Hydrologie*. Praha : ČVUT, 1994. 222 s. ISBN 80-01-00509-7.
  25. KREŠL, J. Vliv lasa na utváření odtoku při přívalových a dlouhotrvajících deštích. Lesnická práce: Časopis pro lesnickou vědu a praxi. 78, 1999, s. 501-503. Dostupný také z WWW: <<http://www.lesprace.cz/>>.
  26. KUTÍLEK, M. *Vodohospodářská pedologie*. Praha: SNTL/ALFA, 1978. 296 s. In: LICHNER, L; ŠÍR, M; TESAŘ, M. *Testování retenční schopnosti půdy-Aktuality šumavského výzkumu II*. Srní, 2004, s. 63-67.
  27. LEDVINA, R; HORÁČEK, J; ŠINDELÁŘOVÁ, M. *Geologie a půdoznalství*. České Budějovice : JCU Zemědělská fakulta, 2000. 203 s.
  28. LICHNER, L. Solute movement observation in the field soils by means of radioactive tracers. *Radioisotopy*, 1986, 27, 1, s. 7–19. In: LICHNER, L; ŠÍR, M; TESAŘ, M. *Testování retenční schopnosti půdy-Aktuality šumavského výzkumu II*. Srní, 2004, s. 63-67.

29. MÁLEK, P; CEJKAL, I. Polní cesty – Optimalizace technického stavu polních cest cestou nových technologických postupů. *Pozemkové úpravy*. 2008, 66, s. 12-15. ISSN 1214-5815.
30. MAZÍN, V. A. Polní cesty po deseti letech. *Pozemkové úpravy*. 2004, 50, s. 4-5. ISSN 1214-581.
31. MEIBNER, E; NADLER, A; ROSENZWEIG, G. *Přírodě blízké odvodnění dopravních ploch v sídlech: Odvodnění v Bavorsku nepodléhající povolení*. Mnichov : Bavorský zemský úřad pro životní prostředí, 2005. 40 s. ISBN 80-903244-8-7.
32. MIFKOVÁ, T. *Retence dešťových vod II* [online]. Brno: VUT Brno, 2009 [cit. 2011-03-04]. Dostupný z WWW: < <http://voda.tzb-info.cz/likvidace-odpadnich-vod/6089-retence-destovych-vod-ii>>.
33. Mze ČR, PÚ OLOMOUC, 2010.
34. Mze ČR, PÚ TŘEBÍČ, 2010.
35. PASÁK, V, et al. *Ochrana zemědělské půdy před erozí*. Praha : Státní zemědělské nakladatelství, 1984. 160 s. In: ZÍDKOVÁ, E. *Návrh řešení cestní sítě pro komplexní pozemkovou úpravu*. České Budějovice, 2008. 76 s. Diplomová práce. JCU CB, Zemědělská fakulta, KPÚ.
36. PLAINER, J. *Využívání a ochrana vodních zdrojů*. Praha: MLVH v SZN, 1983, 211s.
37. PÚ PROSTĚJOV. Zpevněná polní cesta v k.ú. Skřípov, okres Prostějov. *Pozemkové úpravy*. 2007, 61, s. 21. ISSN 1214-5815.
38. PUNČOCHÁŘ, P. Voda pro budoucnost. *SOVAK : Časopis oboru vodovodů a kanalizací*. 2003, 12, 3, s. 1-2.
39. RAWLS, W.J; AHUJA, L.R; BRAKENSIEK, D.L; SHIRMOHAMMADI, A. *Infiltration and soil water movement*. In: MAIDMENT, D.R, et al., *Handbook of hydrology*. New York: McGraw-Hill, 1993, 1424 s.
40. RYBÁRSKÝ, I, et al. *Pozemkové úpravy*. Bratislava : ALFA, 1991. 357 s. ISBN 80-05-00873-2. In: ZÍDKOVÁ, E. *Návrh řešení cestní sítě pro komplexní pozemkovou úpravu*. České Budějovice, 2008. 76 s. Diplomová práce. JCU CB, Zemědělská fakulta, KPÚ.
41. RYŠAVÝ, I. Královna mezi polními cestami. *Pozemkové úpravy*. 2007, 61, s. 24. ISSN 1214-5815.

42. SERRANO, E.S. *Hydrology for Engineers: Geologist and Environmental Professionals*. Kentucky: HydroScience Inc. Lexington, 1997, 468 s.
43. SKLENIČKA, P. *Základy krajinného plánování*. Praha: Naděžda Skleničková, 2003. 321 s. ISBN 80-903206-1-9.
44. STRÁNSKÝ, D; KABELKOVÁ, I; VÍTEK, J; SUCHÁNEK, M. *Cesta od likvidace k hospodaření se srážkovými vodami ve městech a obcích*. In: *Optimalizace návrhu a provozu stokových sítí a ČOV 2008*. Brno: ARDEC s.r.o., 2008, díl 1, s. 69-76. ISBN 80-86020-59-2.
45. ŠÍR, M; TESAŘ M; LICHNER L; SYROVÁTKA O. In-situ measurement of oscillation phenomena in gravity-driven drainage. *IHP-V, Technical Documents in Hydrology*, 2000, 37, s. 250–255. In: LICHNER, L; ŠÍR, M; TESAŘ, M. *Testování retenční schopnosti půdy-Aktuality šumavského výzkumu II. Srní*, 2004, s. 63-67.
46. ŠÚTOR, J; ŠTEKAUEROVÁ, V. Prahový jav odtoku vody zo zóny aerácie pôdy. *Hydrologie půdy v malém povodí*, Praha: Ústav pro hydrodynamiku AVČR, , 2003, s. 97–102. In: LICHNER, L; ŠÍR, M., TESAŘ, M. *Testování retenční schopnosti půdy-Aktuality šumavského výzkumu II. Srní*, 2004, s. 63-67.
47. ŠVEHLA, F; VAŇOUS, M. *Pozemkové úpravy*. Praha: ČVUT, 1995. 146 s. ISBN 80-01-01277-8.
48. TESAŘ. M; ŠÍR. M; KUBÍK F. Estimation of surface runoff using simulation of the soil water movement. *Vodní hospodářství*, 1990, 4, s.149 –153. In: LICHNER, L; ŠÍR, M; TESAŘ, M. *Testování retenční schopnosti půdy-Aktuality šumavského výzkumu II. Srní*, 2004, s. 63-67.
49. TESAŘ, M; ŠÍR M; SYROVÁTKA, O; PRAŽÁK J; LICHNER, L; KUBÍK, F. Soil water regime in head water regions – observation, assessment and modelling. *Journal of Hydrology and Hydromechanics*. 2001, 49, 6, s. 355 – 375. In: LICHNER, L; ŠÍR, M; TESAŘ, M. *Testování retenční schopnosti půdy-Aktuality šumavského výzkumu II. Srní*, 2004, s. 63-67.
50. TESAŘ, M; ŠÍR, M; PRAŽÁK, J; LICHNER, L. Instability driven flow and runoff formation in a small catchment. *Geologica Acta*, 2004, 2, 2, s. 147–156. In: LICHNER, L; ŠÍR, M; TESAŘ, M. *Testování retenční schopnosti půdy-Aktuality šumavského výzkumu II. Srní*, 2004, s. 63-67.
51. TP 152 Štěrbínové žlaby na pozemních komunikacích: MDS-OPK, 2002.

52. TP 51 Odvodnění silnic vsakovací drenáží: MHPR ČR-SD, 1992.
53. TP 83 Odvodnění pozemních komunikací : MD-OSI, 2008.
54. TP170 Navrhování vozovek pozemních komunikací: MD-OSI, 2010.
55. VÍTEK, J. Co brání hospodaření s dešťovou vodou. *Odpady* [online]. 2007, 3, [cit. 2011-03-04]. Dostupný z WWW: <<http://www.tzb-info.cz/4148-co-brani-hospodareni-s-destovou-vodou>>.
56. VÍTEK, J. Odvodňování urbanizovaných území podle principů udržitelného rozvoje. *Urbanismus a územní rozvoj* [online]. 2008, 11, 4, [cit. 2011-03-04]. Dostupný z WWW: <[http://www.jvprojektvh.cz/photo/sekce/file/2008-06-09\\_JVPVH.pdf](http://www.jvprojektvh.cz/photo/sekce/file/2008-06-09_JVPVH.pdf)>.
57. VÍTEK, J. *Zásadní změna v hodnocení dešťové vody v urbanizovaných územích*. Seminář "Přírodní způsoby čištění vod". 2005, s. 4-5.
58. VLASÁK, J; BARTOŠKOVÁ, K. *Pozemkové úpravy*. Vyd. 1. Praha : ČVÚT, 2007. 168 s. ISBN 978-80-01-03609-9.
59. Zákon č. 13/1997 Sb., o pozemních komunikacích.
60. Zákon č. 139/2002 Sb., o pozemkových úpravách a pozemkových úřadech.
61. Zákon č.254/2001 Sb., o vodách a o změně některých zákonů (vodní zákon).
62. ZEDNÍK, P; HUZLÍK, J. Odvodnění – důležitý leč málo docenovaný prvek stavby pozemních komunikací. *Silniční obzor*. 2010, 71, 1, s. 3-8. ISSN 0322-7154.
63. ŽABIČKA, Z. Odvodnění zpevněných ploch vsakováním. *Český instalatér* [online]. 2008, 2, [cit. 2011-03-09]. Dostupný z WWW: <<http://www.tzb-info.cz/4846-odvodneni-zpevnenych-ploch-vsakovanim>>.

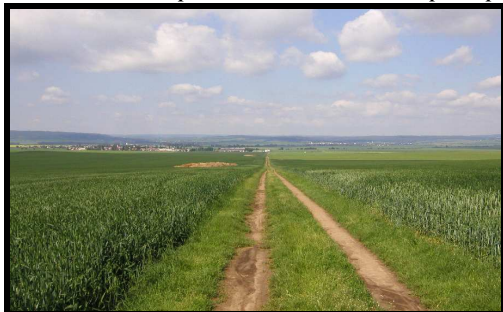
## 9 SEZNAM ZKRATEK

BPEJ	Bonitovaná půdně ekologická jednotka
BPK	Bývalý pozemkový katastr
ČHMÚ	Český hydrometeorologický úřad
ČR	Česká republika
ČSN	Česká státní norma
ČVUT	České vysoké učení technické
DPC	Doplňkové polní cesty
EU	Evropská unie
HPC	Hlavní polní cesty
I <sub>TK</sub>	Index trvylých druhů pozemků
KN	Katastr nemovitostí
KPÚ	Komplexní pozemková úprava
k.ú.	Katastrální území
ObPÚ	Obvod pozemkových úprav
PC	Polní cesta
PEO	Protierozní opatření
PK	Pozemní komunikace
PSZ	Plán společných zařízení
TP	Technické podmínky
TTP	Trvalý travní porost
ÚSES	Územní systém ekologické stability
VPC	Vedlejší polní cesty
VÚMOP	Výzkumný ústav meliorací a ochrany půd
ZABAGED	Základní báze geografických dat
ŽP	Životní prostředí

## 10 PŘÍLOHY

### Cestní příkop u PC C5, k.ú. Vojnice

*Obr.č.3: PC C5 před realizací cestního příkopu*



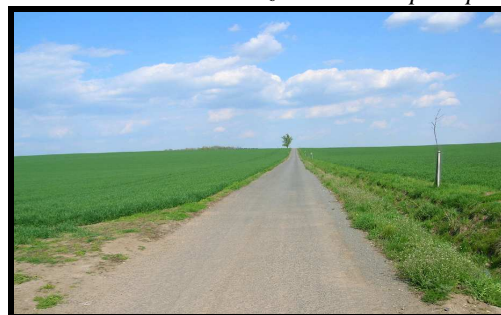
*Obr.č.4: PC C5 před realizací cestního příkopu*



*Obr.č.4: PC C5 Po realizaci cestního příkopu*



*Obr.č.5: PC C5 Po realizaci cestního příkopu*



*Obr.č.6: PC C5 Po realizaci cestního příkopu*



### Zasakovací průlehy podél PC C5, k.ú. Vojnice

*Obr.č.7: Trasa nového průlehu ZP 161/1*



*Obr.č.8: Trasa nového průlehu ZP161/2*



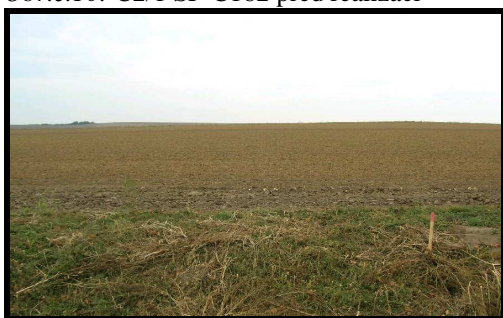


*Obr.č.9: Trasa nového průlehu ZP 161/3*



## **Svodné průlehy a cesty v k.ú. Vojnice**

*Obr.č.10: C2/1 SP-C162 před realizací*



*Obr.č.11: C2/1 SP-C162 po realizaci*



*Obr.č.12: C2/2 SP-C162 před realizací*



*Obr.č.13: C2/2 SP-C162 v době realizace*



*Obr.č.14: C2/2 SP-C162 po realizaci*

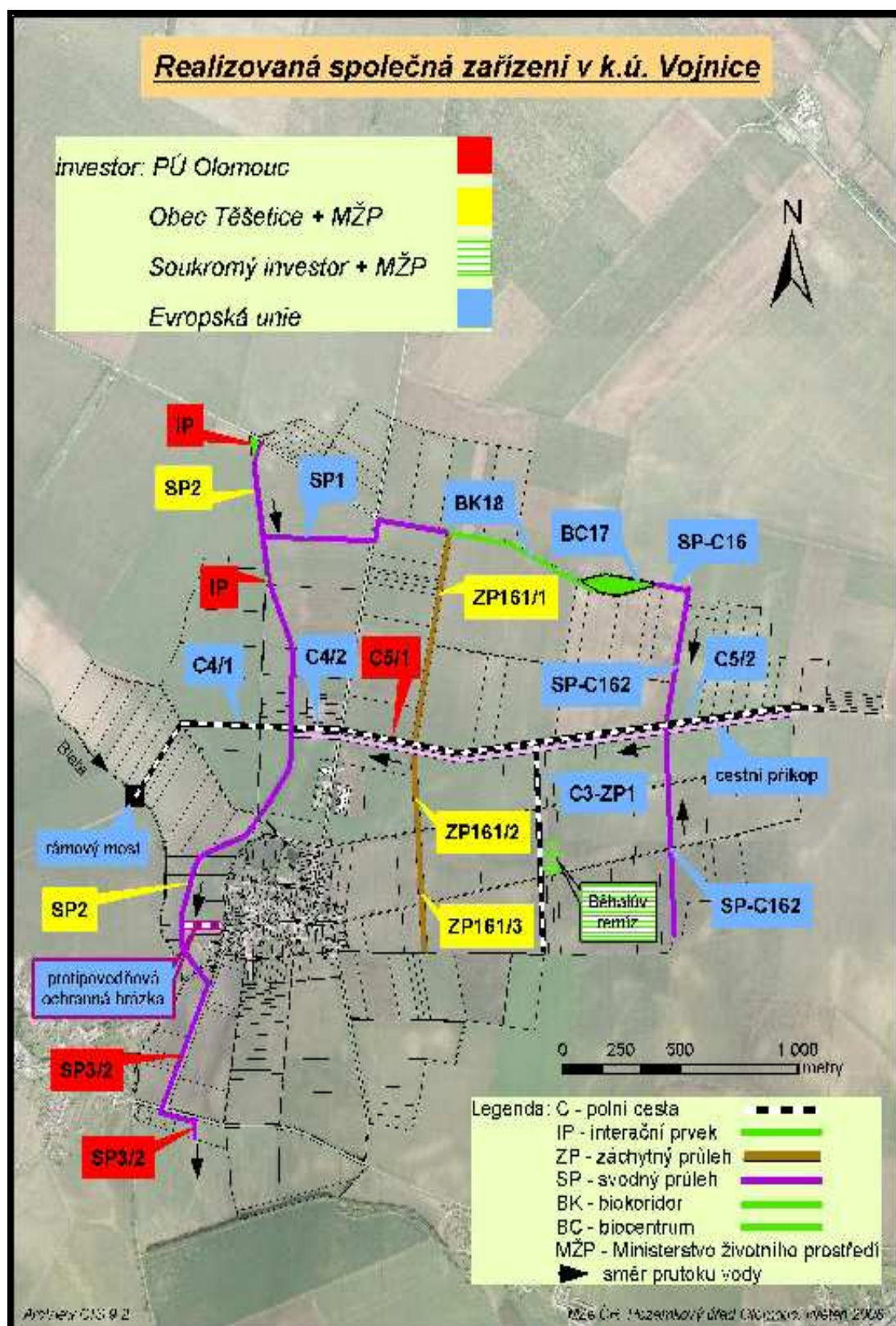


*Obr.č.15: Svodný průleh C16 P3/30*



*Zdroj fotografií v k.ú. Vojnice: Mze ČR, Pozemkový úřad Olomouc, 2010.*

Obr.č.16.: Přehledná situace realizovaných společných zařízení

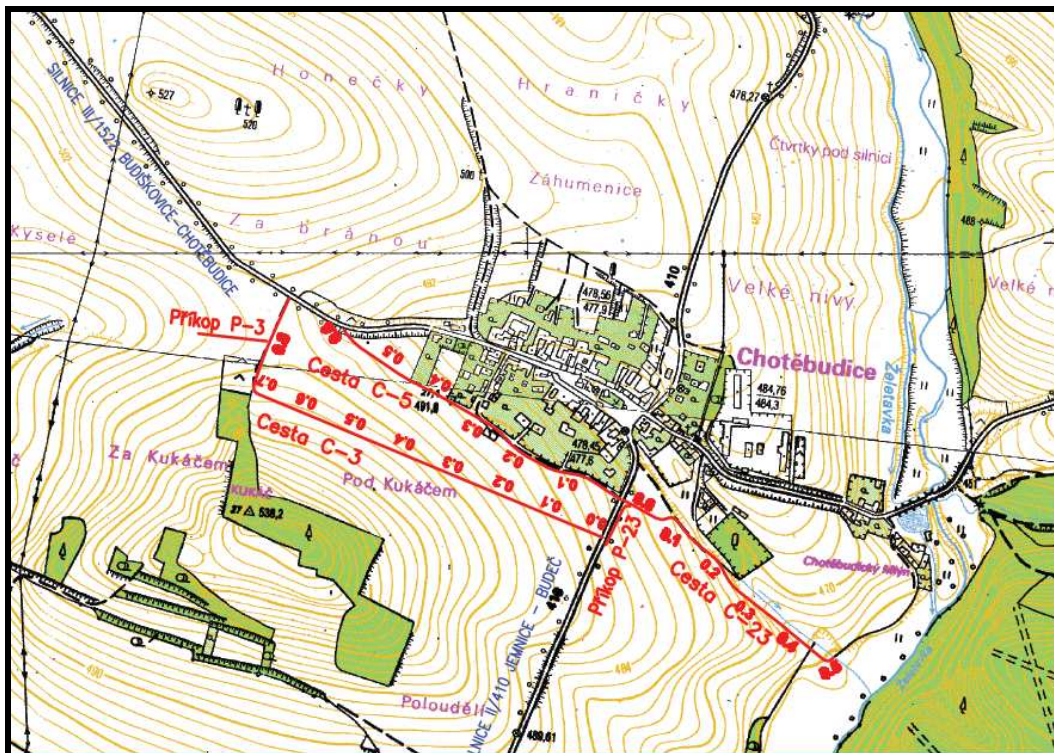


Zdroj: (Mze ČR, Pozemkový úřad Olomouc, 2010)



## Polní cesty včetně příkopů, k.ú. Chotěbudice

Obr.č.17: Přehledné situace PC



Zdroj:( Mze ČR, Pozemkový úřad Třebíč, 2010)

## PC C5, k.ú. Chotěbudice

Obr.č.18: C 5 – průběh výstavby



Obr.č.19: C 5 – výstavba propustku



Obr.č.20: Propustek v části C 5 v provozu





## PC C23, k.ú. Chotěbudice

Obr.č.20: C23 v provozu s „normální vodou“



Obr.č.20: C23 v provozu s „velkou vodou“



Obr.č.20: Příkop P23



Obr.č.21: Příkop 23



Obr.č.22: Příkop u části C3



Obr.č.23: Příkop u části C3



Obr.č.24: Příkop P3



Obr.č.24: Příkop P3 - zadržení sněhu



Zdroj fotografií v k.ú. Chotěbudice: Mze ČR, Pozemkový úřad Třebíč, 2010.

