

**JIHOČESKÁ UNIVERZITA V ČESKÝCH BUDĚJOVICÍCH**  
**ZEMĚDĚLSKÁ FAKULTA**

---

Studijní program: N4106 Zemědělská specializace  
Studijní obor: Pozemkové úpravy a převody nemovitostí  
Katedra: Katedra krajinného managementu  
Vedoucí katedry: doc. Ing. Pavel Ondr, CSc.

**DIPLOMOVÁ PRÁCE**

**Použití bezpilotní technologie pro určování drenážních systémů a jejich poruch  
na zemědělsky obhospodařovaných půdách**

Autor diplomové práce:  
**Bc. Vojtěch Fürst**

Vedoucí diplomové práce:  
**Ing. Jana Moravcová, Ph.D.**

České Budějovice, 2017

JIHOČESKÁ UNIVERZITA V ČESKÝCH BUDĚJOVICÍCH

Fakulta zemědělská

Akademický rok: 2015/2016

## ZADÁNÍ DIPLOMOVÉ PRÁCE

(PROJEKTU, UMĚLECKÉHO DÍLA, UMĚLECKÉHO VÝKONU)

Jméno a příjmení: **Bc. Vojtěch FÜRST**  
Osobní číslo: **Z15323**  
Studijní program: **N4106 Zemědělská specializace**  
Studijní obor: **Pozemkové úpravy a převody nemovitostí**  
Název tématu: **Použití bezpilotní technologie pro určování drenážních systémů a jejich poruch na zemědělsky obhospodařovaných půdách**  
Zadávací katedra: **Katedra krajinného managementu**

### Zásady pro vypracování:

Teoretická část.  
Voda v zemědělské krajině.  
Druhy odvodňovacích staveb na zemědělských půdách.  
Poruchy odvodňovacích opatření na zemědělských půdách.  
Možnosti řešení poruch na odvodňovacích opatřeních.  
Zapojení odvodňovacích opatření do pozemkových úprav.  
Popis bezpilotních technologií.  
Využití bezpilotních technologií pro detekci odvodňovacích soustav.  
Praktická část.  
Výběr vhodné lokality pro hodnocení odvodňovacích soustav.  
Podrobný popis zvolené lokality.  
Zmapování vybrané lokality pomocí bezpilotních technologií.  
Detekce odvodňovacích soustav a jejich poruch z pořízených snímků.  
Ověření detekovaných problémů v terénu.  
Návrh možnosti řešení poruchy odvodňovacího systému.  
Popis možného zapojení opravy odvodňovací soustavy do procesu pozemkových úprav.

Rozsah grafických prací: dle potřeby  
Rozsah pracovní zprávy: 50 stran textu  
Forma zpracování diplomové práce: tištěná/elektronická  
Seznam odborné literatury:

DAVIE, T. 2008. Fundamentals of hydrology. Oxon: Routledge. 200 s. ISBN 978-0415220286. .

DOLEŽAL, P., PAVLÍK, M., STRÍTECKÝ, L., DUMBROVSKÝ, M., MARTÉNEK, J. 2010. Metodický návod k provádění pozemkových úprav. Praha: Ministerstvo zemědělství - Ústřední pozemkový úřad. 173 s. .

JUST, T. a kol. 2003. Revitalizace vodního prostředí. Praha: AOPK ČR.

SKLENIČKA, P. 2003. Základy krajinného plánování. Praha: Naděžda Skleničková. 321 s. ISBN 80-903206-1-9. .

Časopisy Journal of Hydrology, Hydrological Processes, Land Use Policy, Landcape Ecology, Water Research, Soil and Water Research, Vodní hospodářství .

Vedoucí diplomové práce: Ing. Jana MORAVCOVÁ, Ph.D.

Katedra krajinného managementu

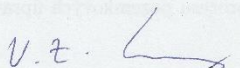
Konzultant diplomové práce: Ing. Jakub Polenský

Katedra krajinného managementu

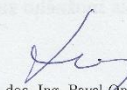
Datum zadání diplomové práce: 14. března 2016

Termín odevzdání diplomové práce: 30. dubna 2017

JIHOČESKÁ UNIVERZITA <sup>42</sup>  
V ČESKÝCH BUDĚJOVICÍCH  
ZEMĚDĚLSKÁ FAKULTA  
studijní oddělení  
Studentská 1848, 370 05 České Budějovice

  
prof. Ing. Milošlav Šoch, CSc., dr. h. c.  
děkan

L.S.

  
doc. Ing. Pavel Ondr, CSc.  
vedoucí katedry

V Českých Budějovicích dne 14. března 2016

Prohlašuji, že jsem svoji diplomovou práci na téma „Použití bezpilotní technologie pro určování drenážních systémů a jejich poruch na zemědělsky obhospodařovaných půdách“ vypracoval samostatně. Prohlašuji, že v souladu s § 47 b zákona č. 111/1998 Sb. v platném znění souhlasím se zveřejněním své diplomové práce, 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, a to se zachováním mého autorského práva k odevzdanému textu této kvalifikační práce. Souhlasím dále s tím, aby toutéž elektronickou cestou byly v souladu s uvedeným ustanovením zákona č. 111/1998 Sb. zveřejněny posudky školitele a oponentů práce i záznam o průběhu a výsledku obhajoby kvalifikační práce. Rovněž souhlasím s porovnáním textu mé kvalifikační práce s databází kvalifikačních prací Theses.cz provozovanou Národním registrem vysokoškolských kvalifikačních prací a systémem na odhalování plagiátů.

Datum 10. 4. 2017

Podpis .....

#### Poděkování:

Rád bych poděkoval vedoucí diplomové práce Ing. Janě Moravcové, Ph.D. za cenné rady a odborné vedení mé diplomové práce. Dále bych rád poděkoval mému konzultantovi Ing. Jakobovi Polenskému za odbornou výpomoc při pořizování snímků pomocí bezpilotní technologie a především děkuji své rodině, která mě celou dobu podporovala ve studiu.

## Abstrakt:

Cílem této diplomové práce bylo prozkoumat možnosti detekce podpovrchových drenážních systémů pomocí bezpilotní technologie. Bzrpilotní technologie neboli „drony“ sloužily dříve k vojenským účelům a dnes tyto bezpilotní letouny pomáhají mapovat odvodnění na polích, protože odvodňovací plány se dnes těžko shánějí a podstatná část ani neodpovídá skutečnému provedení odvodňovacích soustav. Lze také dodat, že o odvodnění se v dnešní době nikdo nestará. Drenáž odvodňuje podmáčenou půdu a zvyšuje tak její úrodnost a zároveň zavlažuje. Postupem času se z polí staly stavební pozemky nebo se trubní systém ucpal. V teoretické části je nejvíce prostoru věnováno popisu rozdělení a funkčnosti drenážních systémů, jsou popsány jejich poruchy a používaný materiál. Součástí je obecný popis bezpilotní technologie a metoda detekce drenáže. Dále je v praktické části řešen podrobný popis lokality, funkce drenáží a vyhodnocení. Ze specializovaných leteckých snímcích z viditelné části spektra je popsán projev indikací drenáže. Tyto indikace jsou srovnány s dobovými projektovými plány. Následně jsou aplikovány a zhodnoceny metody pro zvýraznění indikačního projevu pomocí programu Agisoft PhotoScan Professional a Arc GIS 10.1. Hlavními výstupy jsou snímky vyjadřující polohu drénů. Pomocí vlíčovacích bodů se snímek převedl do souřadnicového systému.

**Klíčová slova:** odvodnění, podpovrchové drenážní systémy, letecké fotografie, GIS, bezpilotní technologie

## Abstract:

Objective of this dissertation was to study possibilities of detection of subsurface drainage systems by unmanned aerial vehicles. Unmanned aerial vehicles, „drones“, served to military purpose in the past. Nowadays these unmanned aerial vehicles helps to map drainage on fields because it is hard to get draining plans today and a big part do not match with the actual implementation of drainage systems. We can also add that nobody cares about drainage today. Drainage drains of soaked soil and improve its harvest. Drainage facilitates transport of nutrients (nitrogen and phosphorus) to watercourses. Fields changes over time to parcels. There is description of sorting and functionality of drainage systems as well as description of malfunctions and used material in theoretical part. There is also description of unmanned aerial vehicles and a method of detection of subsurface drainage systems . Besides there is detailed description of the locality, function of drainage system and evaluation. There is description of indication of drainage on specialized aerial photography. Indications are compared with period plans. Methods of highlighting indications are applied and evaluated by programs Agisoft PhotoScan Professional and Arc GIS 10.1. Main results are photographies that demonstrate location of drainages. Using ground control points the image converted into the coordinate system.

Key words: drainage, subsurface drainage systems, aerial photography, GIS, unmanned aerial vehicles

## Obsah

|  |    |
|--|----|
| <b>1. ÚVOD</b> .....   | 10 |
| <b>2. LITERÁRNÍ REŠERŠE</b> .....  | 11 |
| 2.1 Voda v zemědělské krajině.....   | 11 |
| 2.2 Historie odvodňování v ČR.....   | 11 |
| 2.3 Cíl odvodňovacích systémů.....   | 13 |
| 2.4 Odvodňování pozemků.....   | 14 |
| 2.5 Odvodnění v pozemkových úpravách .....                                     | 15 |
| 2.6 Konstrukce odvodnění.....  | 16 |
| 2.6.1 Parametry drenážního odvodnění .....                                     | 16 |
| 2.6.2 Uložení a výstavba drénů.....  | 17 |
| 2.6.3 Materiál drénů.....  | 18 |
| 2.6.4 Sběrné drény .....   | 19 |
| 2.6.5 Svodné drény .....   | 20 |
| 2.6.6 Drenážní výusti .....  | 20 |
| 2.7 Druhy odvodňovacích staveb .....   | 20 |
| 2.8 Poruchy odvodňovacích opatření na zemědělských půdách .....                | 22 |
| 2.8.1 Detekce odvodňovacích soustav a jejich poruch z pořízených snímků.....   | 23 |
| 2.9 Bezpilotní technologie.....  | 26 |
| 2.9.1 Popis bezpilotních technologií.....                                      | 28 |
| 2.9.2 Využití bezpilotních technologií pro detekci odvodňovacích soustav ..... | 29 |
| <b>3. METODIKY</b> .....   | 31 |
| 3.1 Materiál .....   | 31 |
| 3.1.1 Podrobný popis zvolené lokality.....                                     | 31 |
| 3.1.2 Základní údaje řešeného území.....                                       | 33 |
| 3.1.3 Historie obce Čakov.....   | 33 |
| 3.2 Metody.....  | 34 |
| 3.2.1 Využití UAV pro identifikaci odvodnění .....                             | 34 |
| 3.2.2 Metody využití pro práci.....  | 34 |
| 3.2.3 Georeferencování situace.....  | 34 |
| 3.2.4 Dimenzování vodního prvku .....  | 37 |
| <b>4. VÝSLEDKY A DISKUZE</b> .....   | 39 |
| 4.1 Popis území .....  | 39 |



|   |           |
|---|-----------|
| 4.1.1 Klimatické poměry .....   | 39        |
| 4.1.2 Srážky .....  | 39        |
| 4.1.3 Teploty .....   | 40        |
| 4.2 Geologické a pedologické poměry .....                                   | 40        |
| 4.2.1 Pedologické poměry .....  | 40        |
| 4.2.2 Geologické poměry .....   | 40        |
| 4.3 Hydrogeologické a hydrologické poměry .....                             | 42        |
| 4.3.1 Hydrogeologické poměry .....  | 42        |
| 4.3.2 Hydrologické poměry .....   | 42        |
| 4.4 Land use .....  | 44        |
| 4.5 Způsob a technologie výstavby odvodňovací soustavy .....                | 46        |
| 4.6 Současný stav území a popis odvodňovací soustavy .....                  | 51        |
| 4.6.1 Podrobný popis odvodnění dle situace a řešená část odvodnění .....    | 52        |
| 4.6.2 Příčina zamokření .....   | 56        |
| 4.6.3 Současné obhospodařování půdy .....                                   | 56        |
| 4.6.4 Vegetační kryt .....  | 58        |
| 4.6.5 Potenciální vegetace .....  | 58        |
| 4.7 Detekce odvodňovacích soustav a jejich poruch z pořízených snímků ..... | 59        |
| 4.8 Příklad možného řešení poruchy odvodnění .....                          | 67        |
| <b>5. ZÁVĚR</b> .....   | <b>72</b> |
| <b>SEZNAM POUŽITÉ LITERATURY</b> .....                                      | <b>75</b> |
| <b>SEZNAM TABULEK</b> .....   | <b>82</b> |
| <b>SEZNAM OBRÁZKŮ</b> .....   | <b>82</b> |
| <b>SEZNAM GRAFŮ</b> .....   | <b>83</b> |
| <b>PŘÍLOHY</b> .....  | <b>83</b> |

# 1. ÚVOD

Na zemědělských půdách bylo budováno odvodnění převážně do roku 1990. Během největšího rozmachu odvodňování půd, které probíhalo od roku 1960, je životnost každého odvodnění rozdílná.

Důvodem pro detekci starších drenážních systémů je například provádění oprav, údržby a rekonstrukce odvodnění nebo návrh nového opatření. Dalším důvodem je, že drenáž už nemusí vyhovovat dnešním podmínkám nebo se v časovém měřítku mohl změnit charakter využívání pozemku. Problémem je také polohová identifikace drenáží, kde provedení stavby neodpovídá projektu nebo projekt chybí. Cílem je získat nové vědomosti a znalosti o svém okolí a identifikovat příčinu zamokřeného místa. Tato práce je rozdělena na dvě části. Části se dělí do několika samostatných kapitol a podkapitol. V literární rešerši jsou vysvětleny základní prvky odvodňovacího systému. Pozornost je věnována i bezpilotní technologii, kde je vysvětlen tento pojem a jednotlivé rozdělení druhů bezpilotních technologií.

Část vlastního výzkumu pojednává především o současném stavu odvodnění v řešeném území. Je zde uvedena obecná charakteristika území, která popisuje jednotlivé hodnoty a charakteristiky území, včetně vodního hospodářství.

Ve výsledku by tato diplomová práce měla sloužit jako podklad pro možnosti použití bezpilotní technologie na pozemcích s porušeným odvodněním a případně na těžko přístupných místech, kde tato technologie může být účelnější. Tato práce zhodnotila stávající prostředí. Pořídil jsem snímky a popsal jejich současný projev v závislosti na časovém období. Ke zpracování základních dat na vstupní hodnoty pro další práci byl použit program Agisoft PhotoScan Professional a program Arc GIS 10.1. Ke zhodnocení terénu byly nashromážděny následující podklady: situace řešeného území, dokumentace ochranného pásma, technická zpráva odvodňovací stavby, atd.

## **2. LITERÁRNÍ REŠERŠE**

### **2.1 Voda v zemědělské krajině**

Povrchová a podpovrchová voda je ve stálém pohybu (Jůva a kol., 1984). Voda je hlavním a jedinečným zdrojem denní potřeby, protože je nezbytným předpokladem života (Tlapák a kol., 1992). Rosický (1996) rovněž dodává, že bez vody není života. Voda je drahocenná a nenahraditelná a je základní složkou životního prostředí a existence sociálního rozvoje. Člověk může ovlivnit koloběh vody v přírodě, ale nikdy jej nemůže ovládnout.

Vodu využíváme pro vlastní potřebu, zemědělskou, průmyslovou výrobu včetně vodní dopravy. Je rovněž zdrojem energie (Olmer a kol., 1978). Davie (2008) dodává, že voda je základním předpokladem pro všechny prvky našeho života na této planetě.

V zemědělsko-potravinářském komplexu je možné rozdělení na základní druhy jako jsou vody například pitné, závlahové, povrchové nebo odpadní (Javorský, Krečmer, 1990).

Podle Kendera (2004) je voda ve světových oceánech přes 97 % pro člověka do značné míry nepoužitelná.

Hlavním zdrojem vody na území naší republiky jsou dešťové srážky. Vzhledem k poloze státu a konfiguraci terénu lze konstatovat, že voda na plochu našeho území nepřitéká z jiných zemí. Potřeba vody pro hospodářství a průmysl narůstá značným tempem. Odvětví vodního hospodářství má za úkol zajišťovat hospodaření s vodou v hranicích našeho státu. Se zvětšováním průmyslové a zemědělské výroby jsou zdroje vody stále více ohrožovány (Bulíček a kol., 1977).

### **2.2 Historie odvodňování v ČR**

Historie odvodňování byla započata odvodňovacím zákonem z roku 1884, Zákon daný dne 30. 6. 1884, o opatřeních k neškodnému svádění horských vod. Odvodňování dále pokračovalo ve 20. století v souvislosti s vývojem potřeb vodního hospodářství. Historie byla ovlivňována stupněm technického a přírodovědného poznání i celkovým vývojem naší společnosti. Nástup dalších úprav počínající v 50. letech 20. století byl důsledkem rozvoje socialistického hospodářství. Budování

odvodňovacích soustav na zemědělsky využívaných pozemcích vyvolalo řadu technických zásahů do sítí drobných vodních toků (Blažek a kol., 2006).

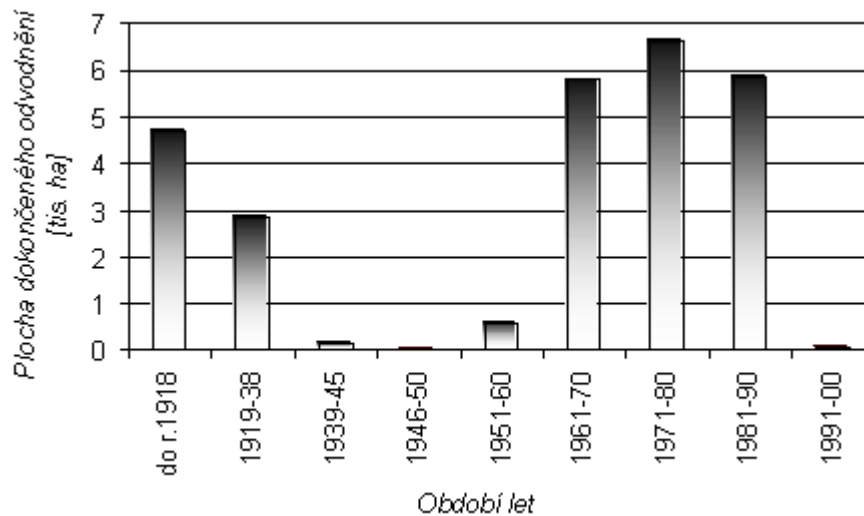
V rámci zkulturnění zemědělské krajiny patří ČR historicky mezi země, ve kterých odvodňovací stavby plnily a stále plní významnou roli (Štibinger, Kulhavý, 2010). Stavby zemědělského odvodnění byly v České republice budovány v několika etapách, z nichž nejintenzivnější výstavba proběhla v letech 1965–1985 (Fučík a kol., 2010). Podle Kulhavého a kol. (2014) se u odvodnění budovaného po roce 1948 nerespektovalo členění hospodářských bloků jednotlivých majitelů.

V České republice bylo odvodněno cca 1 087 000 ha zemědělské půdy. Z toho 1 064 999 ha (98 %) plošnou systematickou drenáží. Během odvodňování pozemků, které trvalo 150 let bylo odvodněno téměř 14 % území České republiky, což představuje cca 1/3 zemědělsky využívané půdy (Tlapáková a kol., 2016).

Janeček (2004) uvádí, že od roku 1990 byly téměř všechny projekty zastaveny. Podle výsledků Komplexního průzkumu půd (1960-1972) bylo však v České republice zamokřeno celkem pouze 843 781 ha, z toho trvalé zamokření bylo zjištěno na 235 286 ha (5,3 %) a dočasné zamokření na 608 495 ha (13,7 %) plochy zemědělské půdy.

Odvodnění zasahuje do řady oblastí. Odvodňovací stavby jsou spjaty s lidskou společností, s jejími potřebami a se zajištěním rozvoje této společnosti. Tyto potřeby představují zvýšené využívání krajiny, jejích zdrojů a na druhé straně ochranu vznikajícího hmotného majetku (Dumbrovský, 2005).

Politická situace po roce 1989 přinesla významný vliv na vlastnictví pozemků, neboť do této doby se starala o odvodnění zemědělská družstva. Po roce 1991 byly opravy a údržba problematické (Kulhavý, Fučík, 2015).



**Obr. 1.: Plošné odvodnění v tis. ha., [Zdroj: Štibinger, Kulhavý, 2010]**

### 2.3 Cíl odvodňovacích systémů

Cílem odvodňování bylo zajistit průsak srážkové vody půdním profilem k drenáži. Povrchové zamokření je průvodním jevem při ztuhnutí půdního profilu nebo je vyvoláváno hospodářskou činností (Antal a kol., 1989).

Dalším z cílů odvodňování bylo v 70. a 80. letech umožnit velkoplošné hospodaření na pozemcích. Odvodňovací stavby často nerespektovaly členění podle vlastnických vztahů a mnohdy docházelo k překrytí starších systémů systémy novějšími. Odvodňovací stavby nejsou zaevidovány v katastru nemovitostí a nejsou zapsány ani jako věcné břemeno. V souvislosti s privatizací po 90. letech a pronájmu zemědělské půdy někteří vlastníci a nájemníci nemají přehled o odvodněných plochách (Podhrázká a kol., 2009).

Odvodňovací opatření přispívalo ke zlepšení pěstebních podmínek. Plní však také významnou ochrannou funkci v krajině tím, že zvyšuje vsak vody do půdy a zvětšuje retenční schopnost půd, jak tvrdí Soukup a Hrádek (1999).

## 2.4 Odvodňování pozemků

Odvodnění ovlivňuje povrchový, mělký podpovrchový i podzemní odtok. Odvodnění může být provedeno i pomocí otevřených příkopů (Štibinger, Kulhavý, 2010).

Způsoby odvodnění závisejí na příčině zamokření půdy. V místech těžkých jílovitých půd ve vlhkých oblastech nebo v blízkosti řek se často nacházejí půdy zamokřené povrchovou vodou. Při těchto podmínkách se budují ochranné hráze, vodní nádrže, popřípadě ochranné odvodňovací kanály. Při zamokření půdy podzemní vodou se budovaly v řešeném území podrobné odvodňovací soustavy, které bývaly povrchové nebo podzemní.

Odvodnění reprezentuje veškerá opatření, která mají za cíl odvádět vodu z území. Tato opatření se dotýkají oběhu vody v povodí a otevírají prostor pro úvahy, zda jsou odvodňovací procesy potřebné a zda jsou z hlediska hospodaření s vodou a ochrany životního prostředí žádoucí.

Pro odvodňování byly aktualizovány a upřesňovány metodické a normativní podklady, ze kterých bylo potřeba vycházet při hodnocení funkce odvodnění i v případech, kdy změnou pozemku docházelo ke změnám potřeby odvodnění. Přírodní podmínky oblasti a požadavek minimálního omezení provozu na pozemcích umožnily při úpravě vodního režimu zamokřených lokalit systémy podzemní trubkové drenáže (Štibinger, Kulhavý, 2010).

Při navrhování odvodnění a posouzení účinnosti odvodnění byla věnována pozornost přírodním a technickým podmínkám. Jednalo se především o příčiny zamokření a intenzitu a režim přítoku vod. Dále pak o vlastnosti půdního (horninového) prostředí, popisovaného zejména mocností vrstev, jejich nasycenou hydraulickou vodivostí a polohou nepropustných vrstev.

Důležité bylo vymezení územního rozsahu stavby zemědělského odvodnění a zakreslení hranic ve vztahu k jednotlivým objektům stavby odvodnění drénů, šachtic a drenážních výustí (Kulhavý a kol., 2014).

Jůva (1964) uvádí, že o odvodnění rozhodují příčiny, způsob a stupeň zamokření, reliéf území, povaha půdy a její využití po odvodňovacím zásahu a účel odvodnění.

Krištín a Burda (1978) a Vopravil a kol. (2005) se shodují v názoru, že odvodnění na zemědělské půdě převážně umožnilo hospodaření na dříve podmačených plochách a zvýšilo výnosy u běžných plodin.

Rozsáhlé odvodňovací systémy však obvykle nerespektovaly charakter krajiny a při realizaci se zásadně změnil její ráz. Dodnes chybějí dřívější krajinné prvky, jako jsou např. meze, remízky a drobné půdní bloky, které zpomalovaly povrchový odtok (Vopravil a kol., 2005).

Podle Jůvy a kol. (1973) se výzkumu trvalým travním porostům věnovala menší pozornost než výzkumu orných půd. Uhlířová a kol. (2005) dodává, že je zapotřebí sledovat u trvalých travních porostů a lesů (louky, případně vinice a sady) v rámci zemědělské a lesní půdy souvislost se změnami vodních ploch a mokřadů. Tyto změny se v současné době dají pozorovat nejlépe pomocí leteckého snímku nebo ortofotomapy.

Trvalé travní porosty mají oproti většině plodin pěstovaných na orné půdě rozdílné požadavky na vláhový režim. V důsledku těchto změn pak byly některé odvodňovací systémy předimenzovány nebo naopak poddimenzovány (Soukup a kol., 2001).

## **2.5 Odvodnění v pozemkových úpravách**

Odvodnění je důležitou součástí komplexních pozemkových úprav, které jsou v poslední době ve větší míře zahajovány. Na základě pečlivě provedeného vodohospodářského průzkumu jsou v rámci plánu KoPÚ řešena potřebná vodohospodářská opatření dotčeného katastrálního území. Při projektování KoPÚ je nezbytně nutný přehled o existenci a stavu všech vodohospodářských zařízení v katastrálním území. Je rovněž důležitou součástí podkladů pro pozemkové úpravy. K tomu slouží přehledné zákresy jednotlivých staveb nebo samostatných objektů ve vodohospodářských mapách. Existence drenáží je pro projektování pozemkových úprav důležitá z více důvodů, protože provádění a projektování PÚ může být spojeno i s řadou terénních úprav jako jsou meze, průlehy, terasy, příkopy, nádrže včetně výsadby křovin a dřevin. Hlavním kritériem odvodnění je rozsah úpravy a rovněž nejefektivnější a nejlevnější varianta řešení. V případě odvodněného pozemku je

snahou navrhnout takovou úpravu drenáže, která by zabezpečila i její další funkčnost (Prudký, 1996).

## **2.6 Konstrukce odvodnění**

### **2.6.1 Parametry drenážního odvodnění**

Pro stanovení parametrů drenážních a závlahových systémů je důležitá znalost proudění vody, kde se všechny subkategorie podpovrchové a povrchové vody vzájemně ovlivňují (Sklenička, 2003).

Jak uvádí Bláha (2009) mezi základní návrhové parametry drenážního odvodnění patří specifický drenážní odtok (velikost návrhového průtoku ve svodném drénu připadající na 1 ha odvodněné plochy), rozchod drénů (vzdálenost mezi osami navzájem paralelně uložených drénů), hloubka uložení odvodnění a průměr drénů.

Hloubka odvodnění označuje vzdálenost mezi dnem odvodňovacího příkopu nebo drénu a povrchem území. Dalším parametrem je rozchod, tj. kolmá vzdálenost dvou sousedních příkopů nebo drénů. Tyto dva parametry nesmí být voleny libovolně nebo náhodně. Parametry se volí s ohledem k příčině zamokření, klimatickým, polohovým i hospodářským poměrům odvodňování (Jůva, 1955).

Základními parametry (trasy svodných i sběrných drénů, objekty na nich, maximální délky sběrných drénů a minimální sklony, návrhové průměry při zvolení materiálového provedení) se určují podle ČSN 75 4200 Hydromeliorace – Úprava vodního režimu zemědělských půd odvodněním (Kulhavý, Kulhavý, 2008).

Při návrhu drenážních systémů je potřeba vycházet z popisu pohybu proudění vody k drénům, a to především při určování jejich základních návrhových parametrů a rovněž při hodnocení těchto účinků opatření na vodní režim. Mezi základní návrhové parametry systematické drenáže (odvodňovacích příkopů) patří výpočty rozchodů drénů, průměr drenážních odtoků a také úroveň hladiny vody nad drény. Výsledkem je stanovení hodnot průměrných drenážních odtoků, úroveň hladiny podzemní vody nad drény, včetně vyhodnocení dalších drenážních charakteristik a parametrů (Štibinger, Kulhavý, 2010).



## 2.6.2 Uložení a výstavba drénů

Hloubka uložení svodných drénů se řídí hloubkou sběrných drénů a je větší alespoň o vnitřní průměr svodného drénu. Zahloubení sběrných drénů se určí se zřetelem na požadovanou hloubku odvodnění a s přihlédnutím k uspořádání vtokové oblasti drénu (Kvítek a kol., 2006).

Jůva a kol. (1973) uvádí, že hloubkové zakládání odvodňovacích kanálů musí umožňovat gravitační vyústění odvodněné soustavy. Podrobné odvodnění se provádí nejčastěji ojedinělou (sporadickou) drenáží, pokud jde o zamokření místně omezené (prameny, vývěry apod.) nebo plošnou (systematickou) drenáž, jsou-li zamokřeny souvislé plochy. Předpokladem dobré funkčnosti drenáže je správné navržení hloubky a rozchodu sběrných drénů. Na loukách se volí hloubka 0,80–1 m a na pastvinách 0,90–1,20 m.

Hloubka uložení sběrných drénů se běžně volí pro pole v rozmezí 0,80 m až 1,30 m, na loukách 0,80 až 1,0 m, u sadů, vinic a chmelnic je to nejméně 1,30 m doplňuje (Dufková, 2009). S názorem, že orná půda se odvodňuje v hloubce 0,80–1,30 m souhlasí Jůva (1955).

Rozchod drénů nebo příkopů je důležité volit tak, aby nezůstávaly zamokřené pruhy. Výstavby drenáže se řeší nejčastěji použitím trubkové drenáže, jejíž technologie obsahuje hloubení drenážních rýh, kladení drénů včetně zhotovování spojek, zahrnutí rýh a uvedení terénu do původního stavu. Při práci se postupuje směrem proti sklonu, aby voda vniklá do rýh mohla volně odtékat, přitom rýha ve dně nemá být o mnoho větší než vnější průměr drenážních trubek.

Povrchová odvodňovací soustava se skládá ze sítě sběrných a svodných otevřených příkopů, které vyúsťují do nejnižše položených odvodňovacích kanálů. Především u luk a pastvin jsou příkopy hluboké 50–80 cm a v této hloubce se ustálí hladina podzemní vody. Rozchod mezi sběrnými příkopy bývá podle druhu půdy 20–50 m. Tento způsob odvodnění se používá ojediněle a zpravidla pouze jako dočasné řešení na pozemcích s trvalými travními porosty z důvodů těžké mechanizace ošetřování a sklizně a tím se zmenšuje i užitková plocha pozemků (Krištín, Burda, 1978).

Jůva a kol. (1973) dále uvádí, že podzemní odvodnění drenáží se používá k zachycení a odvedení přebytečné vody ze zamokřené podzemní půdy. Tento způsob volíme především při zamokření, jehož stav je způsoben nadměrným vsakováním místní srážkové vody, přítokem povrchové nebo podzemní vody z přilehlých vyšších poloh. Podle způsobu založení drénů se rozeznává drenáž vodorovná (horizontální), drenáže s mírně sklonitým dnem nebo svislá (vertikální), jsou-li drény upraveny jako svislé vyztužené vrty. Spojením těchto drenáží vzniká kombinovaná drenáž.

### **2.6.3 Materiál drénů**

Mezi materiály, které se používaly na odvodňovací zařízení byly především pálená hlína, plast, dřevo, kámen, rašelina. Betonové trubky se vyznačují dobrým vzhledem, pevností a tvarovou pravidelností, ale pro drény se nedoporučují z důvodů beton rozrušujících chemických účinků volných kyselin, především v kyselých a zvláště rašelinných půdách.

Na životnost uložených drénů má podstatný vliv technologie uložení drénů. Při ručním uložení může životnost drénů činit i několik desítek let. Při uložení potrubí strojními technologiemi se životnost podstatně zkracuje. Pevnost a odolnost drenážních trubek z pálené hlíny je omezená (Kudrna, 1987).

Jako materiál pro trubkové sběrné drény obvykle sloužily trubky o vnitřním průměru 5 cm. Na půdách, které obsahují sloučeniny železa se často volil průměr 6,5cm. Pokud se jedná o trubky z plastů, lze použít nejmenší průměr 4 cm. Svodné drény vycházely z nejmenšího průměru 6,5 cm a tento průměr se postupně zvětšoval podle vyráběné řady profilů. V dnešní době se stále více používají trubky z plastů. Předností plastového potrubí je odolnost proti korozi, snadná manipulace i montáž. Voda vtéká do potrubí perforací po celém obvodu potrubí. Na hospodárnost je dbáno i při přepravě a hlavní výhodou je vysoká životnost. Trubky a tvarovky se vyrábějí z polymerů jako je neměkčený polyvinylchlorid (PVC), rozvětvený polyetylén (rPe), lineární polyetylén (lPe) a polypropylén (Jůva a kol., 1987).

Beran (2009) dodává, že drény z PVC mají velké množství významných vlastností a hlavní předností jsou hladkost, lehkost, pružnost a dobrý odvodňovací účinek.

Jůva a kol. (1987) a Antal a kol. (1989) se shodují, že u odvodnění speciálních ploch jako jsou rašeliny, hřiště, svážné polohy apod., se používají i trubky z jiných materiálů, popřípadě se navrhuje zvláštní konstrukce systému.

#### 2.6.4 Sběrné drény

Sběrné drény se zaústíují do svodných drénů obvykle shora. Přímé zaústění sběrného drénu do odvodňovacího kanálu nebo recipientu se přípouští jen v odůvodněných případech. Pokud je nutné protisměrné zaústění sběrných drénů do drénů svodných, musí být provedeno shora (ČSN 75 4200).

Do svodných drénů se zaúst'ovaly sběrné drény z obou stran a pokud možno v určitém odstupu protilehlých sběrných drénů. Zaústění by mělo být provedeno pod úhlem 60° až 90°, nejméně však 30°. Při odvodňování se volila hloubka sběrných drénů 0,8 až 1,2 m, u málo propustných půd na loukách se hloubka sběrných drénů volila 0,8 až 1 m (Jůva a kol., 1987).

| Materiál trubek            | Vnitřní průměr sběrných drénů v mm |                                     |                   |
|----------------------------|------------------------------------|-------------------------------------|-------------------|
|                            | Role a louky                       | Půdy s nebezpečným zanášením železa | Rašelinistní půdy |
| <b>Pálená hlína</b>        | 50                                 | 65-100                              | 65                |
| <b>Flexibilní z plastů</b> | 50                                 | -                                   | -                 |
| <b>Hladký z plastů</b>     | 40                                 | -                                   | -                 |

**Tab. 1: Průměr sběrných drénů, [Zdroj: Kvítek a kol., 2006, vlastní zpracování]**

Sběrné drény se navrhují na území při sklonu větším než 5 ‰, v písčitých půdách 10 ‰ napříč územnímu sklonu (tzv. příčná drenáž), při menších sklonech podél územnímu sklonu (podélná drenáž), přičemž podélný sklon nesmí klesnout pod 3 ‰ a naopak nemá být větší než 70 ‰. Nejvhodnější sklon sběrných drénů se uvádí 10 až 20 ‰. Sběrné drény zaúst'ují do svodných drenážními spojkami, upravenými u trubek z pálené hlíny jako tzv. spojka vrchem, která vzniká vysekáním otvorů v obou spojovacích tvarovkách (Jůva a kol., 1973).

Dufková (2009) uvádí, že sběrné drény se navrhují přímé a rovnoběžné, pokud možno napříč směru proudění.

### **2.6.5 Svodné drény**

Svodné drény jsou páteří jednotlivých drenážních skupin. Tyto skupiny zaujímají nejnižší polohy odvodňovaného území a jsou pokud možno směrově přímé. Jejich podélný sklon je nejméně 2 ‰, výjimečně 1 ‰. Délka svodných drénů je přitom omezena největším průměrem používaných nebo vyráběných drenážních profilů. Příliš dlouhé drény se mají přerušovat po 300–400 m kontrolními šachticemi (Jůva a kol., 1973).

Kulhavý a Kulhavý (2008) dodávají, že hlavní účel svodných drénů je zajistit plynulý odtok vody, která je přiváděna sběrnými drény. V rovinném území se svodné drény navrhují do ortogonálních systémů se směrovou návazností svodných i sběrných drénů.

V dnešní době ochrana sběrných drénů před zarůstáním spočívá v obalení svodných drénů folií z PVC v celé délce ohrožení (Dufková, 2009).

### **2.6.6 Drenážní výusti**

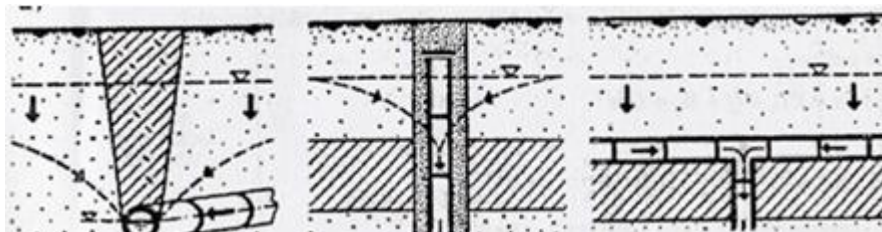
Slouží k vyústění drenáže a mají být navrženy na chráněných místech, kolmo na osu odvodňovacího kanálu. Výúst' by měla být minimálně 0,20–0,30 m nade dnem kanálu (Dufková, 2009).

## **2.7 Druhy odvodňovacích staveb**

Jůva (1964) rozlišuje dvě skupiny odvodňovacích způsobů:

- Zemědělsko-lesnické (biologické), při nichž se odvodňují méně zamokřené nebo k zamokření náchylné půdy úpravou struktury půdy nebo výsadbou porostů.
- Vodohospodářské (hydro-meliorační, technické), když se budují stavby, jako jsou úpravy toků, odvodňovací kanály, příkopy.

Kvítek a kol. (2006) rozlišuje povrchové a podzemní odvodnění. Drenáž řadí do podzemního technického odvodnění a do tzv. odvodňovacích zařízení podrobných (odvodňovací detail), která spolu s hlavními odvodňovacími zařízeními (odvodňovací kostra) tvoří odvodňovací soustavu (drenážní systémy).



a) drenáž vodorovná    b) drenáž svislá    c) drenáž kombinovaná

**Obr. 2: Rozdělení drenáží, [Zdroj: Kvítek a kol., 2006]**

Jak uvádí Jůva (1964) ojedinělá drenáž se využívá v lokalitách, kde je místní zamokření a dochází k odvádění nadbytku vody z menších ploch. Jedná se o soustavu, kdy jsou drény v lokalitě pokládány podle potřeby.

Plošná systematická drenáž se využívá na velkých půdních blocích (Jůva, 1964). Plošná drenáž je tvořena sběrnými a svodnými drény s drenážními objekty (šachticemi, výustěmi), které vytvářejí pravidelné a nepravidelné drenážní souřadní skupiny (ČSN 75 4200).

Plošná systematická drenáž je charakterizována jako soustava sběrných drénů, které se sbíhají do společného svodného drénu a vytváří drenážní souřad. Několik souřadů vytváří drenážní skupinu a více jak dvě skupiny tvoří drenážní soustavu, která je zakončena drenážní výustí. Tyto soustavy lze kombinovat s dalšími technickými odvodňovacími prvky (záchytnými drény, záchytnými příkopy), nemusí se tedy jednat pouze o trubkovou drenáž.

Kulhavý a Kulhavý (2008) uvádějí, že existují i jiné druhy drenáží, jako jsou štěrbinová drenáž, krtčí drenáž, ochranná drenáž apod. Zamokřené pozemky se dále mohou odvodňovat víceúčelovými odvodňovacími systémy, tj. například regulační drenáž, retardační drenáž nebo navlažovací drenáž.

Principem podzemního plošného odvodnění jsou podzemní průtokové profily, drény. Do tvaru sítě byly vyhloubeny půdní rýhy a na jejich dno byly uloženy trubky

(trubková drenáž). V podhorských oblastech se na dno rýh kladl i různý, snadno propustný materiál. Přebytečná voda odtékala sběrnými drény do svodných drénů a těmito drény do drenážní trubky. Jeden svodný drén spolu se sběrnými drény tvořily souřad o výměře 0,5–3 ha. V těžkých a soudržných půdách se někdy budovalo odvodnění speciálním krtčím pluhem. Pluh vyřezával silným nožem v půdě rýhu o hloubce 1,3 m, kde dno tvořilo válcovitý tvar (tzv. krtkem) a vznikl odvodňovací kanál. Novější typy strojů zpevňují okraje kanálů foliemi z plastů.

Při odvodňování se používalo samojízdné rypadlo, které vyhlubovalo rýhy, háky, do nichž se ukládaly drenážní trubky a buldozery zahrnovaly hotové drény (Krištín, Burda, 1978).

## **2.8 Poruchy odvodňovacích opatření na zemědělských půdách**

Od 80. let minulého století se nevěnovala odpovídající pozornost údržbě těchto staveb, a proto docházelo nepozorovaně k jejich poškozování a destrukci. V jiných případech změna ve skutečném provedení nerespektovala projektované parametry systému a ten nyní neplní funkci, která byla očekávána.

Pořizování podkladů, sloužících k diagnostice funkce odvodnění, lze rozčlenit na:

- kompletace písemností a archiválií, které souvisejí se stavbou,
- terénní šetření a realizace průzkumných prací, či měření,
- kompletní podklady pro zařazení stavby v rámci širších vazeb, (přírodních, územně-správních, ekonomicko-hospodářských)

(Štibinger, Kulhavý, 2010).

Při ukončení životnosti odvodňovacího prvku dochází ke zborcení stěn drénu. Poruchy mohou být zapříčiněny intenzivním působením vnějších negativních vlivů a rizikovostí oblastí výstavby (svážná poddolovaná území, zanášení náchylné půdy, zarůstání kořeny, vysoký obsah dvojmocného železa v půdě, kolmatace okolí drénu jemnými zemitými částicemi atd.).

Fyzická životnost byla podle Kulhavého a kol. (2015) místně různá a předpokládaná životnost 30-50 let byla překročena.

Poruchy konstrukčního prvku odvodnění mohou být zapříčiněny nedostatečnou údržbou a potřebnými úpravami příkopů, drénů a šachtic. Poškození

odvodňovacího prvku může být způsobeno stavební činností (např. novou liniovou stavbou), zemědělskou činností, kde dochází k poškození šachtice najetím traktoru, či zavezením odpadu nebo poškození drenážní výusti při strojním čištění. V praxi jsou nedostatečné funkce odvodnění způsobeny vlivy, jako je porucha funkce kostry odvodnění nebo porucha detailu odvodnění. Dále pak je to změna hydrofyzikální vlastnosti půdy, tj. utužení podorničí, vytvořením nepropustného horizontu půdních částic nebo vysrážení minerální či organické složky v půdě (Štibinger, Kulhavý, 2010).

Podstatnou příčinou závad při provádění odvodňovacích prací byly i nedodržené zásady přejímání stavebních hmot a výrobků a jejich skladování před použitím, případně manipulace s nimi. Mezi tzv. vnitřní vady patří například nekvalitní pálené trubky (například špatně vypálené), špatně obsypané nebo na neúnosném podloží. Důvodem poruchy mohou být i vady předprojektové a projektové dokumentace vyplývající z neúplného průzkumu. Mezi vnější vady lze zařadit vliv tlakových vod, kontaminované vody, zanášení železem, nepropustné podorniční změny v podloží drénů, větší průtoky v kanálech apod. (Kokoška, 1987).

Podle Kulhavého a kol. (2014) docházelo k negativním funkcím odvodnění drenáží z důvodu zarůstání drenážního potrubí kořeny dřevin a zarůstání drenážních výustí nálety nebo dokonce nekoordinovaná výsadba porostů. Jako zásadní kritérium uvádí změnu funkčnosti stavby odvodnění na pozemcích určené k zalesnění. Dalším kritériem posouzení je aktuální stav systému drenážního odvodnění, rozsah výskytu závad a tendence stárnutí systému. S názorem o zarůstání drenážního potrubí souhlasí i Prudký (1996).

Lhotský (1991) uvádí jako důvod poruch zhutnění půdy, v jiném případě jsou na vině jednostranná opatření v rámci velkovýrobních postupů v zemědělství. Na prvním místě je především používání nevhodné mechanizace a dopravy.

### ***2.8.1 Detekce odvodňovacích soustav a jejich poruch z pořízených snímků***

Před návrhem opatření musí být podrobně analyzovány faktory, které ovlivňují erozní a odtokové poměry. Na těchto podkladech jsou vytipovány v řešených povodích plochy a pozemky, které jsou zdrojem povrchového odtoku. Na základě

podrobné analýzy faktorů je v řešeném povodí navržen celý systém komplexní ochrany a organizace povodí (Dumbrovský, 2005).

Polohová identifikace povrchových a zejména podpovrchových objektů drenážního systému je významná z hlediska údržby stávajících systémů odvodnění a zároveň i z hlediska projektování a realizace nové stavební činnosti v území, kde se tyto systémy nacházejí (Tlapáková a kol., 2004).

Zvolení souboru vhodných ochranných opatření musí předcházet studium mapových podkladů, materiálů a dat, dále podrobná rekognoskace odvodněné plochy a diagnostika samotné odvodňovací soustavy tzn. polohová identifikace povrchových a především podpovrchových objektů odvodňovacího systému, zjištění aktuálního technického stavu stavby, jako je funkčnost, poruchy, či závady. Zpracování a analýzu dat je vhodné řešit v GIS. Možnosti a podrobné informace o metodách lokalizace drenážních systémů a případně správné využívání uvádějí Kulhavý a kol. (2007) a Tlapáková (2004).

Tlapáková a Karas (2014) uvádí projev drenážní rýhy či potrubního odvodňovacího prvku ve spojitosti s povrchem terénu. Drenážní rýha vykazuje difference různé vlhkosti, teploty, stavu a vitality vegetace. Jako další faktor pro identifikaci je zapotřebí znát způsob výstavby, funkčnost a stav drenážní soustavy, agrotechnické způsoby hospodaření, land use, použitý distanční záznam (typ snímku, rozlišení, termín), které napomohu pro detekci.

Jednou z možností pro diagnostiku odvodnění v první etapě je průzkum stavu drenážních šachtic a výustí, následně posouzení stavu odvodňovacího potrubí. Přístupnější jsou svodné drény, kdy je možné využít potrubní kameru, vytyčit sběrné drény a poté odkopat. Pro minimalizaci zemních prací je vhodnější použít nové technologie pro přesné vytyčení, tj. s přesností v řádu desítek centimetrů. Vyvinuty byly metody aplikace dálkového průzkumu Země (s využitím dostupných leteckých snímků) jak uvádí Kulhavý a Soukup (2010).

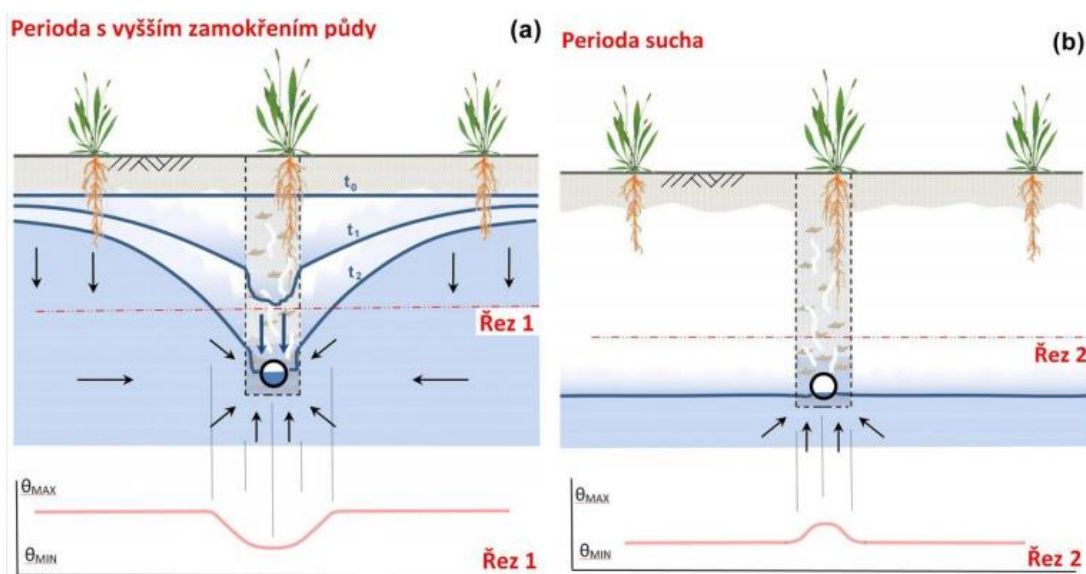
Při diagnostice současné funkce odvodňovací stavby v obecnějším rozsahu je třeba zhodnotit mnoho faktorů, mezi které jsou zařazeny využití území, hospodářské podmínky a vztah vlastníka (uživatele) pozemku k systému odvodnění, přírodní podmínky, zejména morfologie terénu, vodní režim a vlastnosti půd, příčiny prvotního



zamokření a současná účinnost odvodnění. Dále pak je to stav technických zařízení a objektů odvodnění, zejména s ohledem na jejich hydraulické parametry.

Mezi základní měřené prvky pro posouzení účinnosti odvodnění s definovanou plochou a geografickou polohou) patří srážky, hladina podzemní vody, hydraulická vodivost nasycená, nenasycená, vlhkost a únosnost půdy (zejména v kritických jarních obdobích), odtok z odvodňované plochy a výpar (Štibinger, Kulhavý, 2010).

Rekonstrukce odvodňovacích zařízení řeší zachování funkčnosti stávající stavby; současně její využití s ohledem na obhospodařovatelné plochy zemědělské půdy je předností (Kulhavý a kol., 2015).



**Obr. 3: Schéma fungování drenážního systému v odlišných vlhkostních podmínkách, [Zdroj: Tlapáková, Karas, 2014]**

Jako provedení lze využít černobílé, barevné i spektrozónální snímky. Stromová struktura podpovrchového odvodnění má výraznější projev na černobílém leteckém snímku. Barevný letecký snímek se upřednostňuje v případě možnosti získání informace o stavu vegetace, půdního povrchu a dalších topografických objektů využitelných z hlediska identifikace drenáží (Tlapáková, Kulhavý, 2006).

Pro lokalizaci, kontrolu povrchových objektů a pro detekci podpovrchové části odvodňovacího systému se uplatňuje zejména dálkový průzkum Země (DPZ). Tento průzkum je perspektivní, efektivní a je vhodnou metodou. Pomocí optických metod DPZ – panchromatické a spektrozónální, lze pořídit snímky z různých výšek. Termovizní snímkování má velký potenciál pro identifikaci drenážních systémů, ale i

jisté limity. Jedním z limitů jsou vysoké nároky na speciální snímací techniku (Tlapáková a kol., 2013).

Kulhavý a kol. (2014) uvádí, že průzkum funkčnosti staveb je třeba provádět v přiměřeném rozsahu. Pro provádění zaměření a průzkum je vhodná technická norma ČSN 75 4100, využitá již při návrhu odvodňovacího opatření. Mezi tyto průzkumy patří průzkum klimatických poměrů, pedologický a hydropedologický průzkum, hydrologický průzkum, geodetické zaměření včetně snímků z DPZ, dále pak hydrogeologický a inženýrsko-geologický průzkum, fytoecologický a zoologický průzkum a průzkum zemědělsko-výrobních poměrů.



*Obr. 4: Příklad identifikovaných ploch s viditelnou drenáží, [Zdroj: Tlapáková a kol., 2004]*

## **2.9 Bezpilotní technologie**

Bezpilotní letecký systém (UAV) je letecký prostředek bez posádky. Tento letecký prostředek může být řízen na dálku nebo může létat samostatně pomocí předem naprogramovaných letových plánů nebo pomocí složitějších dynamických autonomních systémů. Tyto prostředky se rozdělují na UAS (Unmanned Aerial System), RPAS (Remotely Piloted Aircraft System) a dále UAV (Unmanned Aerial Vehicle). Výhodou RPAS (UAS) jsou výrazně levnější náklady na provoz oproti

pilotovaným strojům. Dále pak snadná manipulace a mobilita, vysoká flexibilita při nasazení strojů do akce, možné použití (start a přistání) i na špatně přístupných místech. Mezi výhody lze zařadit nízkou hlučnost provozu, odolnost proti prachu a záření, vysoké rozlišení snímků a videí.

Nejpoužívanější je ovšem bezpilotní prostředek UAV, jehož výhody jsou flexibilita náletu – v závislosti na počasí, možnost vzletu téměř kdekoliv, rychlost předání výsledných dat, dále pak především možnost kontroly leteckých fotografií do 5 minut od přistání a vysoké rozlišení ortofotomap (až 1 cm/px) jak uvádí Tlapáková a Karas (2014).

Pomocí UAV fotogrametrie je možné vytvářet snímky s vysokým rozlišením. Digitální výškový model (DEM) je nejdůležitější prostorovou informací pro vytváření geomorfologie a hydrologie. Pomocí snímků z malých výšek o velkém rozlišení je možné díky UAV sledovat fyziologické a ekologické vlastnosti rostlinných společenstev, jedná se především o strukturu a barvy (Boon a kol., 2016).

Malá bezpilotní letadla, tzv. drony, nebo také quadrokoptéry, hexakotéry apod., se dočkala velkého rozvoje. Tyto prostředky byly původně univerzitními pokusy, ale postupně se staly záležitostmi a v několika posledních letech se přesunuly i do komerčního využití (Kříž, 2016).

Provoz dronů a vše, co s jejich provozem souvisí je řízen několika základními předpisy:

- zákon o civilním letectví s příslušnými prováděcími vyhláškami,
- mezinárodní letecké předpisy,
- zákon o ochraně osobních údajů,
- předpisy související s využitím rádiového spektra.

V poslední době se v oblasti fotogrametrie rozmáhají systémy RPAS (Remotely Piloted Aircraft Systems), v překladu Dálkově pilotované letadlové systémy. Nevýhoda RPAS může být garance přesnosti jak polohové tak výškové, neboť RPAS využívají často nefotogrametrické vybavení, mezi které patří běžné fotoaparáty a jednofrekvenční přijímače GNSS. Na přesnost výsledných produktů působí celá řada faktorů, jako je výška letu, překrytí snímků, vličovací body (počet a konfigurace),

systematická chyba daná nestabilitou kamery, členitost terénu, atmosférické podmínky a v neposlední řadě zkušenost zpracovatele, který provádí kalibraci stroje (Müller, Jusková, 2014).

### **2.9.1 Popis bezpilotních technologií**

Koncem 20. století se v zemědělství začala provozovat bezpilotní technologie. Počítalo se s nízkými pořizovacími náklady, nízkými provozními náklady, s odstraněním rizika úrazovosti a s možností ošetření malých a velmi malých ploch s nepravidelnou konfigurací bezpilotní technologií, které jsou nevhodné pro snímání klasickými letouny (Šťastný, 1990).

Zemědělství a lesnictví vyžaduje snímky s vysokým rozlišením. To je ovšem těžké a nákladné získat z družicových nebo z běžných leteckých dat. Bepilotní technologie jsou dnes vybaveny GPS a digitálními fotoaparáty s vysokým rozlišením. Tato technologie umožňuje rychlé a efektivní mapování v zájmové lokalitě (Grenzdörffer a kol., 2008).

Bepilotní letecké prostředky jsou letecké systémy, které se dlouhodobě používají v obranném průmyslu. Díky těmto technologiím, které byly uvedeny do komerčního provozu, se na počátku 21. století začaly vyrábět bezpilotní technologie v menších velikostech.

Drony se liší způsobem pohonu, velikostí, hmotností, materiálem, nastavením a především cenou.

Způsoby rozlišení dronů:

Podle pohonu:

- elektrický (baterie)
- spalovací

Podle typu:

- multikoptéry
- letouny (křídla)

Podle celkové hmotnosti

- váhové kategorie – nejčastěji určené přímo Úřadem pro civilní letectví (ÚCL)

Podle způsobu jejich řízení/ovládání:

- manuální
- automatické
- kombinované
- autonomní

Dále lze drony rozdělit podle:

- počtu motorů
- nosnosti
- dostupné výšky a vzdálenosti

Nevýhody, které bychom mohli zohlednit u této bezpilotní technologie, jsou dolet (pouze několik km), nízký letový čas (desítky minut), nízká nosnost (jednotky kg). Problematická je především nejednotná mezinárodní legislativa, tzn., že pravidla v každé zemi jsou jiná. Z toho plyne, že bezpilotní technologie má velký potenciál do budoucna a že je rovněž dalším krokem technologického vývoje tam, kde její nasazení má smysl (Karas, Tichý, 2016).

### **2.9.2 Využití bezpilotních technologií pro detekci odvodňovacích soustav**

Využití bezpilotní technologie je v zemědělství stále více populární a díky této technologii je možné zajistit dobré hodnocení půdy (Tripicchio a kol., 2015).

Při využívání leteckých snímků byla zaměřena pozornost na mapování místních změn vlhkosti povrchu půdy, a to na barevném, černobílém nebo spektrálně korigovaném snímku. Vliv drenážní rýhy se na leteckých snímcích projevuje jako linie, která je výrazně ohraničená, a po zpracování snímku, např. v GIS je vytvořen podklad pro velmi přesnou identifikaci drenážního systému v terénu (Kulhavý, Čmelík, 2004).

Pro ověření terénu je vhodné využití technik dálkového průzkumu Země (DPZ) a využití programu GIS pro lokalizaci podzemních objektů drenážního systému (Kulhavý a kol., 2015).

Bezpilotní technologie je využívána v mnoha studiích, prováděných v zemědělství nebo v zájmu ochrany životního prostředí, například k mapování a sledování oblastí vegetace (Turner a kol., 2012).

Pomocí bezpilotní technologie lze získat ortofoto s vysokým rozlišením a podrobný digitální model terénu (DMT), které patří mezi základní data pro pozemkové úpravy (Müller, Jusková, 2014).

Možnosti bezpilotní technologie do roku 2007 byly omezené, protože nebyly vymezeny legislativní podmínky, i když byl úspěšně dokončen vývoj, nebyly žádné záruky, že bezpilotní technologii bude umožněno provozovat ve vzdušném prostoru ČR (Pryszcz, 2007).

## 3. METODIKY

### 3.1 Materiál

Pro účel diplomové práce bylo zvoleno katastrální území Čakov u Českých Budějovic.

#### *3.1.1 Podrobný popis zvolené lokality*

**Základní údaje o katastrálním území:** Čakov u Českých Budějovic:

**Kraj:** Jihočeský

**Okres:** České Budějovice

**Katastrální území:** Čakov u Českých Budějovic

**Kód k. ú. :** 656747

**Sousedící k. ú. :** Dehtáře u Českých Budějovic

Jankov u Českých Budějovic

Žabovřesky u Českých Budějovic

Záboří u Českých Budějovic

Holašovice u Českých Budějovic

Lipanovice u Českých Budějovic

Jaronice u Českých Budějovic

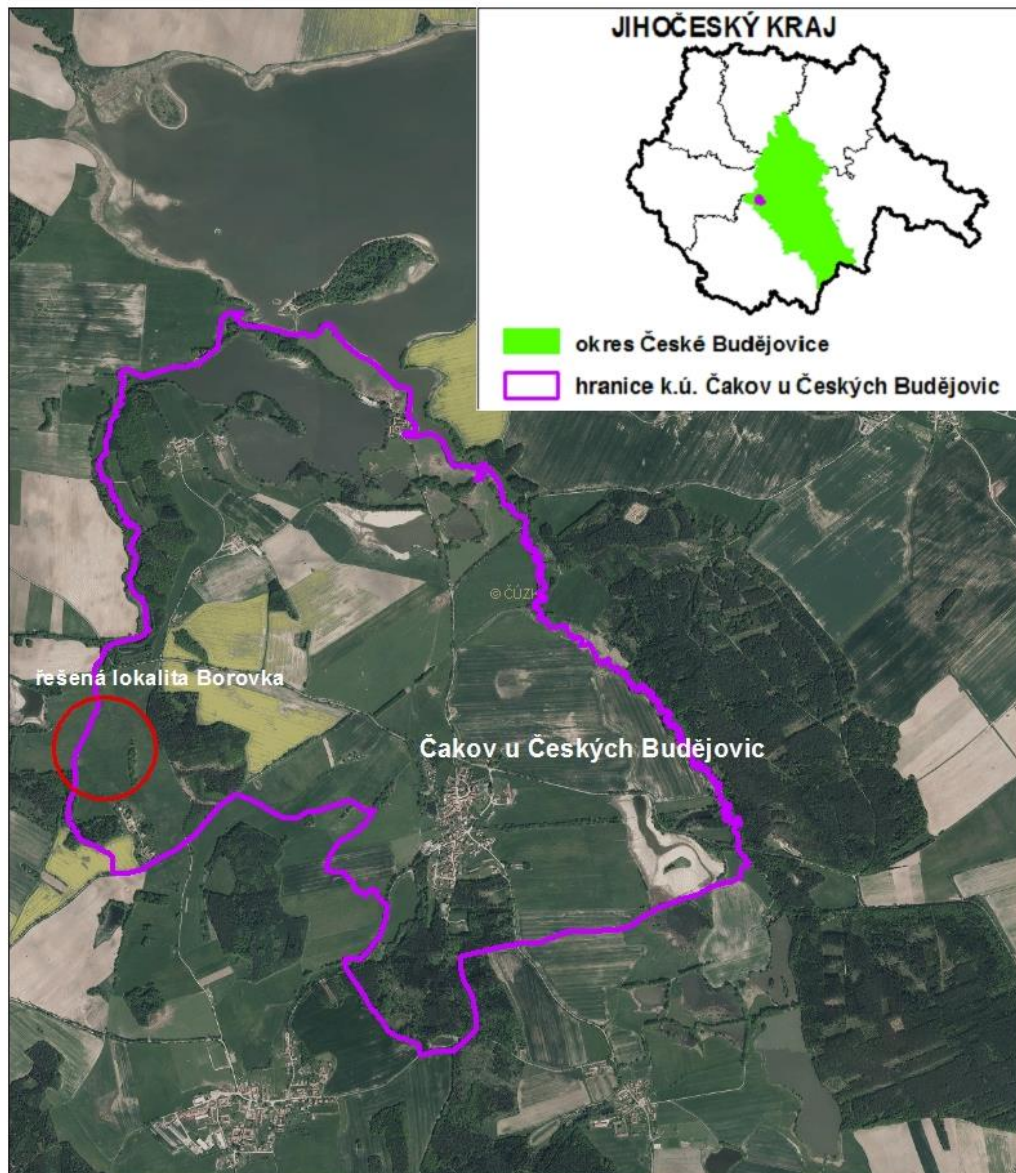
**Rok založení:** 1262

**Rozloha:** 5,92 km<sup>2</sup>




**Poloha:** -768207,09 -1163213,57

**Nadmořská výška:** 450 m. n. m.

**POLOHA OBCE  
ČAKOV U ČESKÝCH BUDĚJOVIC, 2017**



**Legenda**

-  okres České Budějovice
-  hranice k.ú. Čakov u Českých Budějovic
-  řešená lokalita Borovka

0 0,25 0,5 1 kilometry



souřadnicový systém S-JTSK  
podkladová data: ortofoto ČÚZK  
zdrojová data: ZABAGED

*Obr. 5: Poloha obce Čakov u Českých Budějovic, [zpracování vlastní]*



### ***3.1.2 Základní údaje řešeného území***

Čakov je obec, která leží v okrese České Budějovice, kraj Jihočeský, zhruba 12 km západně od Českých Budějovic. Ke dni 1. 3. 2011 zde žilo 274 obyvatel. Tato obec se skládá ze tří částí, z nichž první je vesnice Čakov, druhou představuje menší víska Čakovec, vzdálené přibližně 2 km jihovýchodním směrem a třetí je osada Holubovská Bašta, která leží při jižním břehu rybníka Dehtář asi 1,5 km severozápadně od Čakova.

### ***3.1.3 Historie obce Čakov***

První zmínky o obci Čakov pocházejí z roku 1262, kde se nacházely tři osady, z nichž spojením dvou osad vznikl Velký a Malý Čakov. Toto území zahrnovalo osadu Vráž, která vymřela a zanikla důsledkem moru. Název Čakov je dokládán k roku 1254. Čakov patřil ke krumlovskému panství, ale po odstoupení Jana Rožmberka v roce 1468 ze služeb krále Jiřího z Poděbrad, se dostal k vlastnictví Čakova Jindřich Roubík z Hlavatec. Nedaleko Čakova a Čakovce byly v lesích nalezeny i mohyly ze 7. a 8. století po Kristu a byly zkoumány 10. a 11. srpna 1893 učitelem V. Cipínem. Po 1. světové válce měla obec Čakov 39 domů s 220 obyvateli. V roce 1964 byly v rámci vytváření střediskových obcí sloučeny dosavadní samostatné obce Čakov a Jankov s osadami Čakovec, Holubovská Bašta a Holašovice a střediskovou obcí se stala obec Jankov, kam byla směřována bytová výstavba, kultura i vedení JZD. Po roce 1989 se obec znovu osamostatnila a spravuje rovněž osady Čakovec a Holubovská Bašta. V roce 1999 byl schválen územní plán osad, spadajících do správy obce Čakov. Údaje byly převzaty z Obecního úřadu Čakov.

## 3.2 Metody

Zájmová plocha pro diplomovou práci leží v levé části k.ú. Čakov u Českých Budějovic. Odvodnění této zájmové plochy se začalo realizovat v roce 1983 na základě projektové dokumentace zpracované firmou Agroprojekt. Prováděcí dokumentace řešila odvodnění zemědělských pozemků tehdy v užívání JZD Jankov. V řešeném území bylo provedeno odvodnění systematickou drenáží. V území se nacházejí domovní studny na samotách Borovka a upravený pramenný vývěr na jižním okraji. V současné době tento pozemek obhospodařuje několik vlastníků.

### 3.2.1 *Využití UAV pro identifikaci odvodnění*

Předběžný výběr lokality pro identifikaci odvodnění se provedl pomocí ortofotomap z ČÚZK za místní znalosti území. Při samotném terénním šetření byla použita hexakoptéra RPAS DJI S900, fotoaparát Sony alpha 5100. Pro termovizní nálet byla použita termokamera Tetracam PI 450.

### 3.2.2 *Metody využité pro práci*

Bylo vybráno území se znalostí místních poměrů, kde bylo možné porovnání získaných snímků s dostupnými mapovými podklady. Bylo zvoleno území, na němž byl předpokládán výskyt porušeného odvodnění, tedy oblast s velkým zamokřením. Při terénním průzkumu byla vybrána lokalita v katastru obce Čakov u Českých Budějovic, u samot Borovka, která byla pomocí bezpilotní technologie zfotodokumentována.

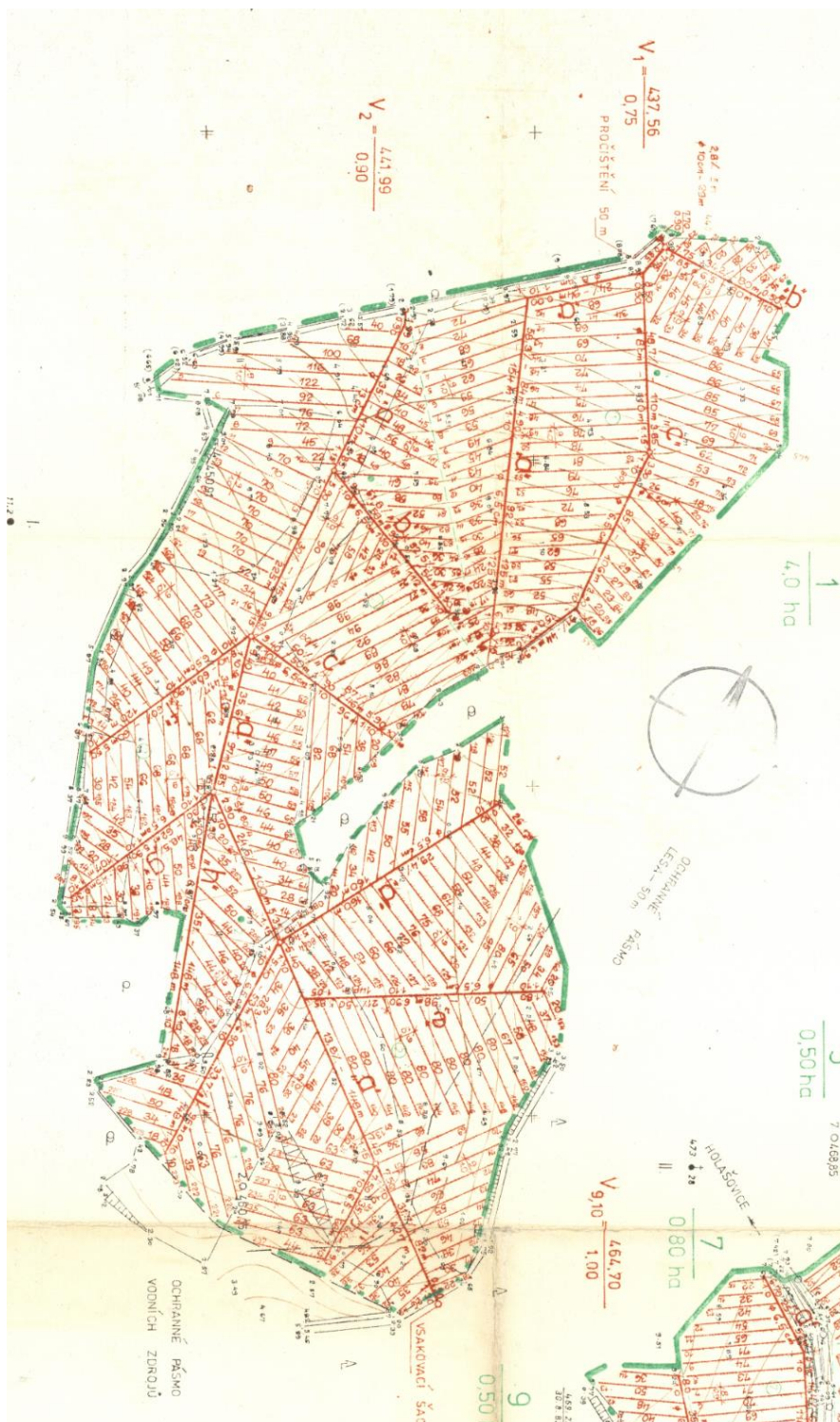
Jako základ pro sledování odvodnění lokality byla použita projektová situace daného území z archivu Povodí Vltavy s. p., vyhotovena v roce 1983 firmou Agroprojekt.

### 3.2.3 *Georeferencování situace*

Níže je obrázek drenážního systému č. 6, který je připojen na obrázku č. 12.

Digitální podoba situace odvodňovacího systému byla pořízena skenerem Colortrac; model: SmartLF Gx+42; výr.č. E2004933, u kterého nejsou známy parametry výsledků testu na geometrickou věrnost skenování. Zároveň je nutné si

uvědomit neznalost srážky papíru podkladu. Pro georeferencování skenu (digitální podoby) byla použita afinní transformace.



**Obr. 6: Situace odvodnění území „Borovka“, [Zdroj: Povodí Vltavy]**

Další práce probíhala v prostředí programu Agisoft PhotoScan Professional a v programu ESRI ArcGIS 10.1 (byla použita volně dostupná zkušební verze). Nejprve bylo nutné pořízené snímky spojit za pomoci programu Agisoft PhotoScan Professional. Snímky, které byly vkládány do programu Agisoft PhotoScan Professional, byly pořizovány bezpilotní technologií ze 100 metrové výšky.

Pořízené snímky z bezpilotní technologie bylo nutné dále georeferencovat, což znamená přiřadit získanému obrázku souřadnicové umístění. ESRI Arc GIS 10.1 má přímo zabudován nástroj na georeferencování a transformaci rastrů. Jednoduchá transformace spočívá ve zvolení vhodného počtu tzv. „vlíčovacích bodů“, podle kterých se snímky připojily do S-JTSK a pod snímek byla přiložena vhodná podkladová vrstva. Jako podklad byla využita ortofotomapa z WMS prohlížecké služby ČÚŽK.

Pomocí GPS Trimble, která byla zapůjčena katedrou krajinného managementu, se v řešeném území zaměřilo několik bodů, které sloužily jako body pro vlíčování. Tyto body záměrně zvolené v blízkosti kontrolních šachtic byly zaměřeny dřevěnými kolíky, na které se vždy při snímkování přiložila plachta o rozměrech 0,5 m x 0,75 m. Ta sloužila pro lepší připojení snímku do souřadnicového systému z dané vzdálenosti. Vlícovací bod č. 5 byl záměrně zvolen ve větší vzdálenosti od ostatních bodů pro snazší orientaci snímku pro georeferencování.



***Obr. 7: Ilustrační vlícovací bod, [Fotografie: zpracování vlastní]***

| č. bodu | X          | Y           | Z         |
|---------|------------|-------------|-----------|
| 1)      | 769426.783 | 1163770.584 | 453.684,1 |
| 2)      | 769486.782 | 1163696.782 | 450.209,1 |
| 3)      | 769539.737 | 1163592.807 | 446.358,1 |
| 4)      | 769590.440 | 1163492.240 | 441.577,1 |
| 5)      | 769393.933 | 1163643.946 | 457.829,1 |

**Tab. 2: Zaměřené body pomocí GPS, [zpracování vlastní]**

Výsledným produktem procesu z programu Agisoft PhotoScan Professional byl snímek ve formátu TIFF. Poté byl snímek ve formátu TIFF vložen do programu ESRI ArcGIS 10.1 a bylo tak možné pomocí vlíčovacích bodů snímky georeferencovat. Snímky z různých časových rozmezí byly popsány a okomentovány.

Pro sledování vývoje TTP byly použity dostupné ortofotomapy – historická ortofotomapa z 50. let minulého století a ortofotomapy ČÚZK z roku 2012. Dalším podkladem byly snímky získané pomocí bezpilotní technologie. Použité mapové podklady jsou volně dostupné prostřednictvím webových mapových služeb (WMS).

| Datum                  | počasí          | teplota[C°] | vítr     | čas   |
|------------------------|-----------------|-------------|----------|-------|
| <b>15. Květen 2016</b> | jasno-polojasno | 15          | 4-8 m/s  | 14:00 |
| <b>20. Leden 2017</b>  | zataženo        | -10         | 4 m/s    | 12:15 |
| <b>16. Únor 2017</b>   | jasno           | 9           | do 4 m/s | 13:30 |

**Tab. 3: Pořizované snímky pomocí bezpilotní technologie, [zpracování vlastní]**

### **3.2.4 Dimenzování vodního prvku**

Možnou variantou pro doplňkové odvodnění části pozemku bylo navrženo otevřené koryto. Pomocí Chézyho rovnice byl vypočítán maximální průtok koryta pro Q2. Chézyho rovnice je vztahem pro výpočet rychlosti vody v otevřeném korytě.

Výpočet průtočné plochy koryta

$$S = (b + my) * y \text{ [m}^2 \text{]}$$

Kde je m = sklon svahů b šířka dna [m]

y = hloubka koryta [m]

Výpočet omočeného obvodu

$$O = b + 2y * \sqrt{(1 + m^2)} \text{ [m]}$$

Výpočet hydraulického poloměru

R = Výpočet Chézyho rychlostního součinitele

$$C = (1/n) * R^{1/6} \text{ [m}^{0.5} \cdot \text{s}^{-1} \text{]}$$

kde: n - drsnostní součinitel podle Manninga 45 Chézyho rovnice

$$v = C * \sqrt{R * I} \text{ [m} \cdot \text{s}^{-1} \text{]}$$

kde: v rychlost proudění [m.s<sup>-1</sup>]

I = podélný sklon dna [% , ‰]

Výpočet průtoku korytem bezpečnostního přelivu  $Q = S * v \text{ [m}^3 \cdot \text{s}^{-1} \text{]}$

Chézyho rovnice byla převzata z Revitalizace vodního prostředí, jejížm autorem je Just a kol. (2003).

## 4. VÝSLEDKY A DISKUZE

### 4.1 Popis území

#### 4.1.1 Klimatické poměry

Z klimatického hlediska spadá oblast řešeného území do dvou mírně teplých klimatických oblastí MT7 a MT10.

| Klimatická charakteristika mírně teplé oblasti    | MT 7      | MT 10     |
|---|-----------|-----------|
| <b>Počet letních dní</b>                          | 30 - 40   | 40 - 50   |
| <b>Počet dní s průměrnou teplotou 10°C</b>        | 140 - 160 | 140 - 160 |
| <b>Počet dní s mrazem</b>                         | 110 - 130 | 110 - 130 |
| <b>Počet ledových dní</b>                         | 40 - 50   | 30 - 40   |
| <b>Průměrná lednová teplota</b>                   | -2--3     | -2--3     |
| <b>Průměrná červencová teplota</b>                | 16 - 17   | 17 - 18   |
| <b>Průměrná dubnová teplota</b>                   | 6 - 7     | 7 - 8     |
| <b>Průměrná říjnová teplota</b>                   | 7 - 8     | 7 - 8     |
| <b>Průměrný počet dní se srážkami 1 mm a více</b> | 100 - 120 | 100 - 120 |
| <b>Suma srážek ve vegetačním období</b>           | 400 - 450 | 400 - 450 |
| <b>Suma srážek v zimním období</b>                | 250 - 300 | 200 - 250 |
| <b>Počet dní se sněhovou pokrývkou</b>            | 60 - 80   | 50 - 60   |
| <b>Počet zatažených dní</b>                       | 120 - 150 | 120 - 150 |
| <b>Počet jasných dní</b>                          | 40 - 50   | 40 - 50   |

*Tab. 4: Klimatická charakteristika, k. ú. Čakov u Českých Budějovic 2017, Klimatická charakteristika oblasti [Quitt, 1971]*

#### 4.1.2 Srážky

- Roční průměrný úhrn srážek: 550-600 mm
- Průměrný úhrn srážek za vegetační období IV. – IX. měsíce: 400-450 mm
- Průměrný roční počet dnů s bouřkou (přivalovou srážkou): 20-25 dní

| měsíc | 1. | 2. | 3. | 4. | 5. | 6. | 7. | 8. | 9. | 10. | 11. | 12. |
|-------|----|----|----|----|----|----|----|----|----|-----|-----|-----|
| mm    | 25 | 38 | 30 | 47 | 62 | 86 | 94 | 72 | 50 | 47  | 37  | 31  |

**Tab. 5: Průměrné roční rozdělení srážek, k. ú. Čakov u Českých Budějovic, [Atlas Podnebí ČSSR-tabulky, Vesecký, 1961]**

#### 4.1.3 Teploty

- Průměrná roční teplota vzduchu: 8-9 °C
- Průměrná teplota vzduchu ve vegetačním období: 13 °C
- Průměrný počet mrazových dnů, kde  $t \leq -0,1$  °C: 100 dnů

| měsíc | 1.   | 2. | 3.   | 4. | 5.   | 6.   | 7.   | 8.   | 9.   | 10. | 11. | 12. |
|-------|------|----|------|----|------|------|------|------|------|-----|-----|-----|
| Mm    | -2,5 | -2 | -2,5 | 7  | 12,5 | 15,5 | 17,5 | 16,5 | 12,5 | 7,5 | 2,5 | -1  |

**Tab. 6: Průměrné roční rozdělení teplot [měsíc, °C], k. ú. Čakov u Českých Budějovic, [Atlas Podnebí ČSSR-tabulky, Vesecký, 1961]**

## 4.2 Geologické a pedologické poměry

### 4.2.1 Pedologické poměry

V řešeném území se nacházejí především pozemky s mírným sklonem (3-7°). Expozice je všesměrná, převažuje směr na sever. V území se vyskytují půdy především středně hluboké (30-60 cm) a slabě skeletovité (10-25 %).

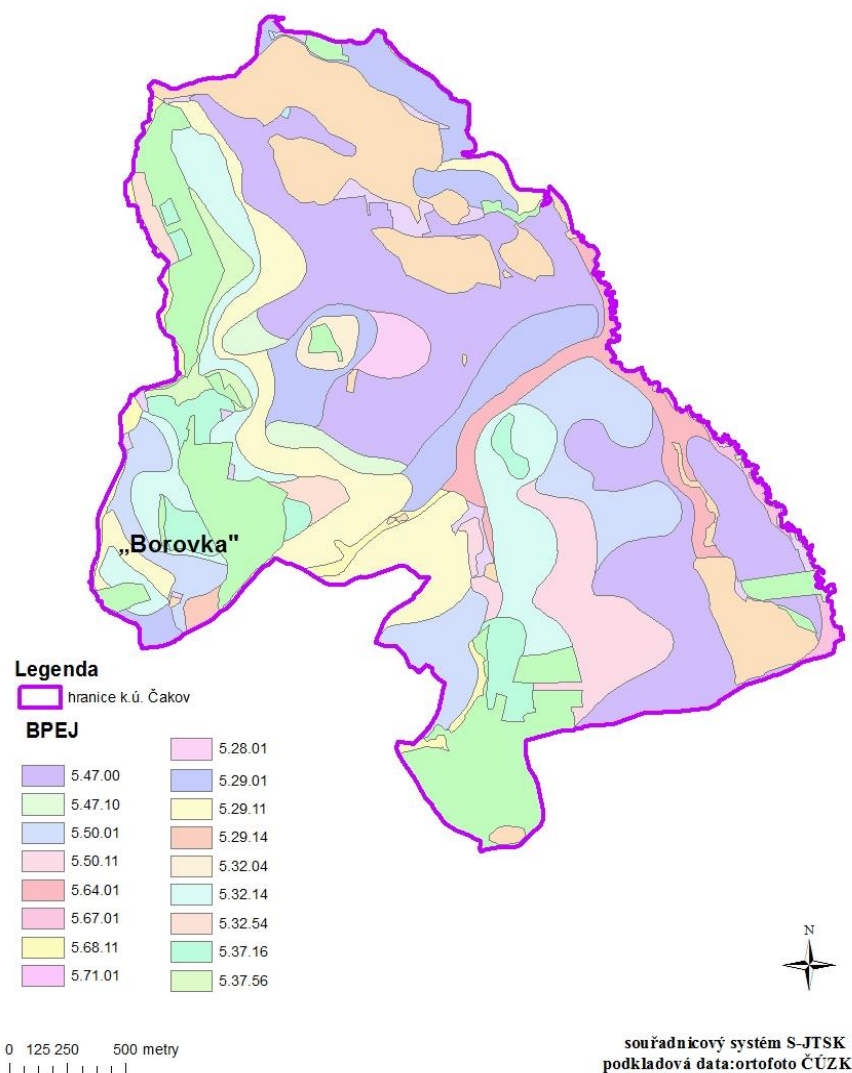
### 4.2.2 Geologické poměry

Okolí řešeného území patří z regionálního hlediska do Blanského lesa. Východní část katastrálního území je tvořena neogenními sedimenty výběžku Budějovické pánve. Převládající horninou jsou granulity a granulitové ruly s vložkami hadců a amfibolitů. Od Jankova severním směrem přechází postupně granulity v granulitové ruly. V jižní části se vyskytují především biotitické pararuly moldanubika. Směrem na sever a východ jsou neogenní sedimenty Budějovické pánve. Čakov u Českých Budějovic lze zařadit toto území do mydlovarského souvrství. Území je zastoupeno písčítými jíly a jílovitými písky. Z hlediska kvarterních sedimentů jsou zastoupeny sutěmi, svahovými písčítými hlínami. Eluvium se vyskytuje pouze v katastrálním území Čakov. Nachází se zde i aluviální náplavy



malého významu, které se vyskytují pouze v údolí Jankovského a bezejmenného potoka, který je jeho přítokem.

**PŘEHLED BPEJ  
ČAKOV U ČESKÝCH BUDĚJOVIC, 2017**



**Obr. 8: BPEJ vyskytující se v k. ú. Čakov u Českých Budějovic 2017, [zpracování vlastní]**

**V řešeném území Borovka se vyskytují především BPEJ:**

- 5. 50. 01 spadá do IV. třídy ochrany zemědělského půdního fondu
- 5. 32. 14 spadá do III. třídy ochrany zemědělského půdního fondu
- 5. 29. 11 spadá do III. třídy ochrany zemědělského půdního fondu
- 5. 37. 16 spadá do IV. třídy ochrany zemědělského půdního fondu

Charakteristika ostatních BPEJ vyskytujících se na katastrálním území Čakov u Českých Budějovic je uvedena v příloze číslo 1.

### **4.3 Hydrogeologické a hydrologické poměry**

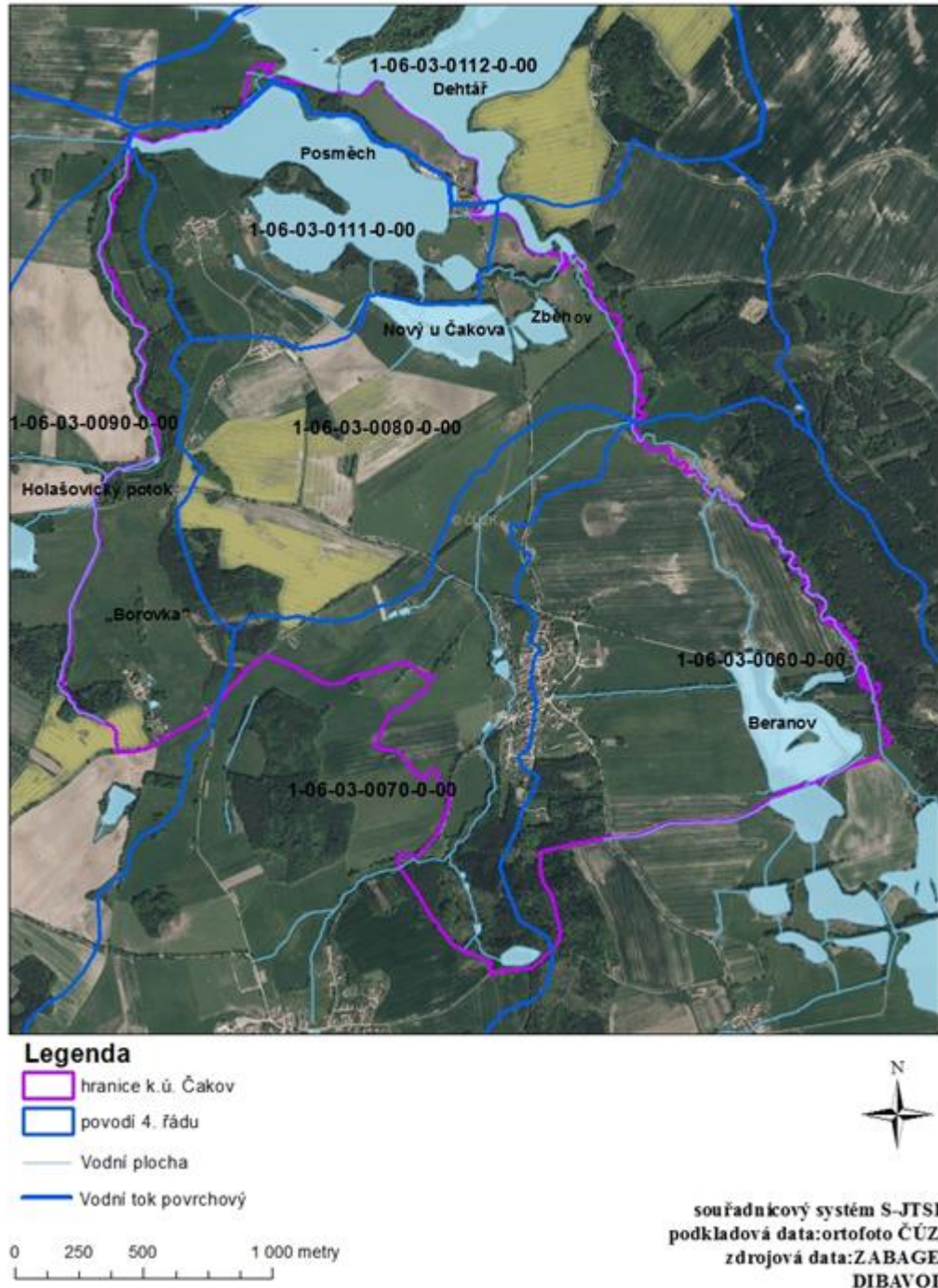
#### ***4.3.1 Hydrogeologické poměry***

V zájmovém území se vyskytují převážně granulity a granulitové ruly, které jsou intenzivně rozpukané, místy tektonicky porušené. Zvětralá hornina vystupuje slabě na povrch. Tyto plochy jsou velmi příznivé pro infiltraci. Hornina má rovněž příznivé vlastnosti pro hlubší puklinový oběh podzemních vod. Tento oběh je delší a infiltrační plochy jsou poměrně vzdálené od míst odvodnění. Je zde zachycený silný pramenný vývěr, který se nachází u samot „Borovka“. Dále se v okolí Čakova vyskytují biotické pararuly.

#### ***4.3.2 Hydrologické poměry***

Řešené území se nachází na levém břehu Vltavy a zasahuje do povodí III. řádu 1-06-03 Vltava od Malše po Lužnici. Do tohoto území zasahuje šest hydrologických povodí IV. řádu, kterými jsou povodí Dehtářský, Jankovský a Kamenný potok. Povodí Dehtářského potoka zaujímá v této lokalitě pouze malou část při severovýchodní hranici (0,12 km<sup>2</sup>). Správcem toků je Povodí Vltavy, úsek Jankovského potoka mají ve správě Lesy ČR. Číslo hydrologického pořadí je uvedeno v tabulce č. 3.

## VODSTVO A POVODÍ IV. ŘÁDU v k.ú. Čakov u Č. Budějovic, 2017



*Obr. 9: Povodí IV. řádu v k. ú. Čakov u Českých Budějovic 2017, [zpracování vlastní]*

Největšími rybníky v katastrálním území Čakov jsou Posměch (39 ha), Beranov (11 ha), Nový u Čakova (8 ha), Zběhov (1,95 ha) a severní část katastrálního

území lemuje Dehtář (246 ha), sedmý největší rybník v Jihočeském kraji a desátý v celé České republice.

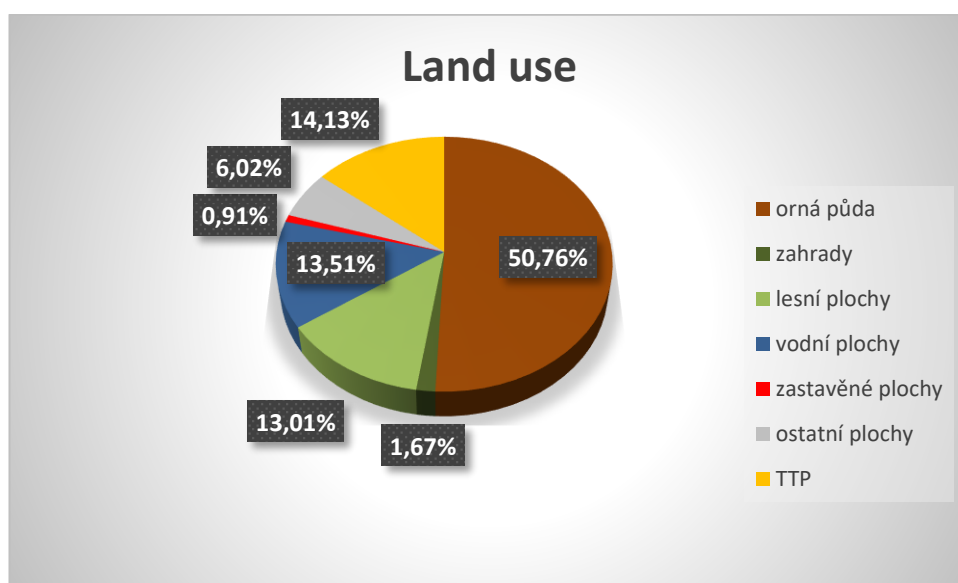
| ČHP               | Název toku      | Plocha povodí        | Plocha v k. ú. Čakov u Č. B. |
|-------------------|-----------------|----------------------|------------------------------|
| 1-06-03-0112-0-00 | Dehtářský potok | 1,84km <sup>2</sup>  | 0,12 km <sup>2</sup>         |
| 1-06-03-0111-0-00 | Kamenný potok   | 0,98km <sup>2</sup>  | 0,95 km <sup>2</sup>         |
| 1-06-03-0080-0-00 | Dehtářský potok | 2,25km <sup>2</sup>  | 1,55 km <sup>2</sup>         |
| 1-06-03-0070-0-00 | Jankovský potok | 4,89km <sup>2</sup>  | 1,20 km <sup>2</sup>         |
| 1-06-03-0060-0-00 | Dehtářský potok | 26,10km <sup>2</sup> | 1,63 km <sup>2</sup>         |
| 1-06-03-0090-0-00 | Kamenný potok   | 14,25km <sup>2</sup> | 0,70 km <sup>2</sup>         |

*Tab. 7: Výpis toků zasahujících do k. ú. Čakov u Českých Budějovic, Hydrologická povodí IV. řádu v řešeném území [zpracování vlastní, zdroj: <http://hydro.chmi.cz/hydro/index.php>]*

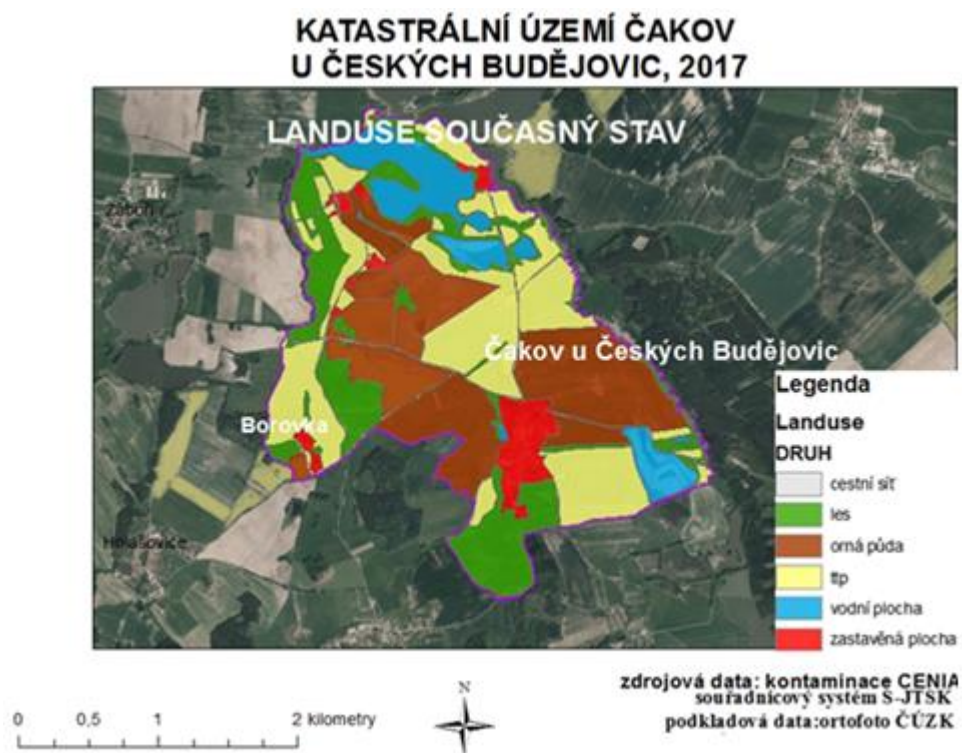
#### 4.4 Land use

##### *Aktuální stav Land use - rozlohy v %*

Z hlediska využití území zde převládá především orná půda, která leží na většině území řešené oblasti z 50,76 %. Další nejrozsáhlejší jsou trvalé travní porosty, které činí 14,13 % a zastavěné plochy 0,91 %. Zastoupení lesní půdy činí 13,01 %. Dále pak zahrady činí 1,67 % a ostatní plochy 6,02 %. Konečné zastoupení vodních ploch v k.ú. Čakov u Českých Budějovic je 13,51 %.



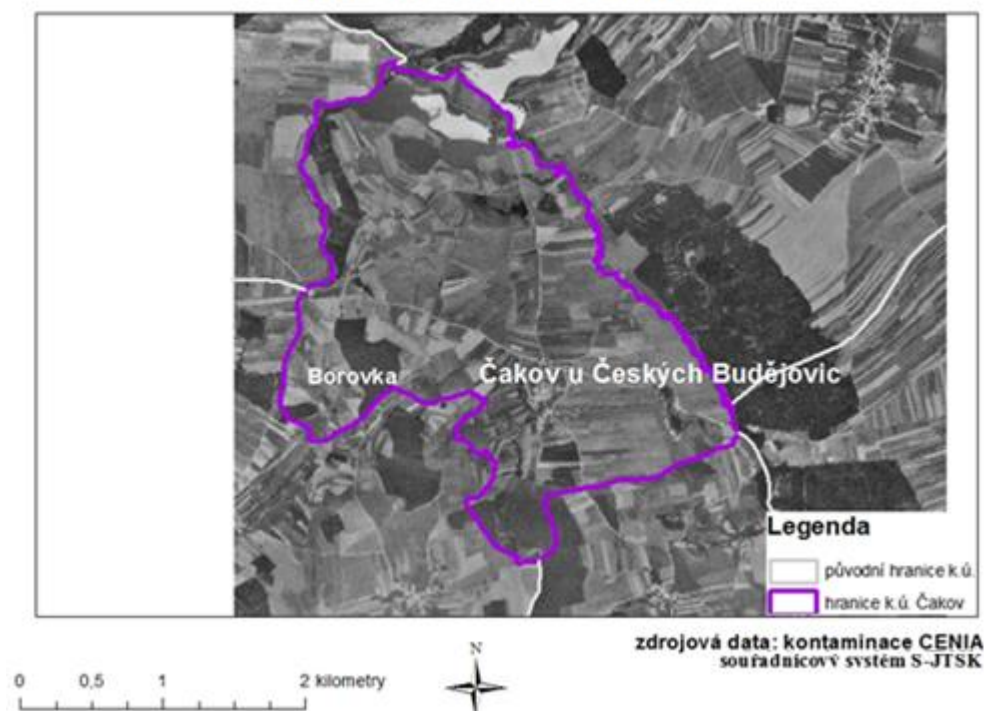
*Graf 1: Land use aktuální stav, Obce Čakov u Českých Budějovic, 2017, [Zdroj: ČÚZK, stav k 14. 3. 2017, zpracování vlastní]*



*Obr. 10: Land use současné využití půdy v k.ú. Čakov u Českých Budějovic, [zpracování vlastní]*

Tento výstup ukazuje aktuální využití ploch v katastrálním území Čakov u Českých Budějovic. Procentuální zastoupení jednotlivých kultur ukazuje graf č. 1.

## KATASTRÁLNÍ ÚZEMÍ ČAKOV SITUACE ÚZEMÍ V 1952 ROCE



*Obr. 11: Situace území v 1952 v k.ú. Čakov u Českých Budějovic, [zpracování vlastní]*

Černobílý letecký snímek z roku 1952 znázorňuje obhospodařované malé půdní bloky. Na snímku jsou viditelné i původní hranice sousedních katastrálních území, které zůstaly dodnes zachovány.

### 4.5 Způsob a technologie výstavby odvodňovací soustavy

Výkopové práce byly prováděny z převážné části rýpadlem a rýhovačem. Vzhledem k tomu, že se jednalo o odvodňovací stavbu, nevyžadovalo staveniště žádné zvláštní provozní a výrobní zařízení. Doprava materiálu po stavbě byla prováděna běžnými dopravními prostředky v závislosti na stavu terénu. Šlo především o kolové a pásové traktory. Výkop byl prováděn rýhovačem se šířkou rýhy 30 cm.

#### **Opatření u stávajících vodních děl a odvodnění pozemků**

Většina systematického odvodnění pochází z roku 1983. Z georeferenované situace odvodnění však vyplývá, že část řešeného pozemku a pozemky vedlejší byly odvodňovány již v dřívějších letech. Termín provedení nebyl zjištěn.

## **Ochranná pásma**

V řešené lokalitě bylo navrženo z důvodů pramenného vývěru ochranné pásmo. Zároveň v blízkosti samot Borovka se nachází 3 domovní studny.

## **Projekty HTÚP**

Na zájmovou plochu nebyl požadován projekt pozemkových úprav.

## **Stavebně technické řešení**

Průměrná nadmořská výška je 420 m. n. m. Navrhované parametry o odvodnění vycházejí z hydropedologického průzkumu. Rozchod sběrných drénů byl navrhován průměrně na 9 m a hloubka uložení 1,0 m. Svodná síť byla dimenzována na 0,85 l/s/ha. Byla navržena systematická drenáž. Drenáž byla provedena z pálené hlíny.

## **Stručný technický popis**

- 1) Průměrný rozchod: 9 m
- 2) Délka odvodňovací kostry: 1, 580 km
- 3) Délka záchytných příkopů: 420 m
- 4) Délka záchytných drénů: 300 m

## **Směrové a výškové provedení stavby**

Pevné a výškové body byly zaměřeny pomocí plastových mezníků.

## **Následná agrotechnická opatření**

Bylo navrženo pouze vápnění na celé ploše. Dávka páleného vápna obsahovala 25,2 g/ha a byla navržena rozorávka luk a pastvin. Zapojení do osevního postupu byla částečná. Jednalo se celkem o 18,6 ha luk a pastvin.

## **Poloha vzhledem k záplavovému území, poddolovanému území**

V řešené lokalitě se nevyskytují žádná poddolovaná území ani žádná záplavová území.

## **Vliv stavby na okolní stavby a pozemky, ochrana okolí, vliv stavby na odtokové poměry v území**

V rámci rekonstrukce odvodňovacích sítí nedošlo k narušení ochranných pásem ani k nežádoucím vlivům na životní prostředí.

## **Požadavky asanace, demolice, kácení dřevin**

Úpravy nebyly podmíněny žádnými asanacemi ani demolicemi. Při čištění (prostupování) odvodňovacích stok bylo předpokládáno odstraňování křovin včetně kořenů a případné odstraňování vzrostlé zeleně.

## **Funkční náplň stavby**

Funkční náplň stavby bylo odvodnění povrchových a podpovrchových vod z území. Voda byla odvedena do Kamenného potoka směrem na Záboří. Účelem stavby bylo trvalé odvodnění pastviny, která se nachází za Borovkou. Funkčnost odvodňovací sítě v blízkosti remízku a lesní plochy zvyšuje ekologickou stabilitu tohoto území.

## **Popis vlivu stavby na životní prostředí a jeho ochrana**

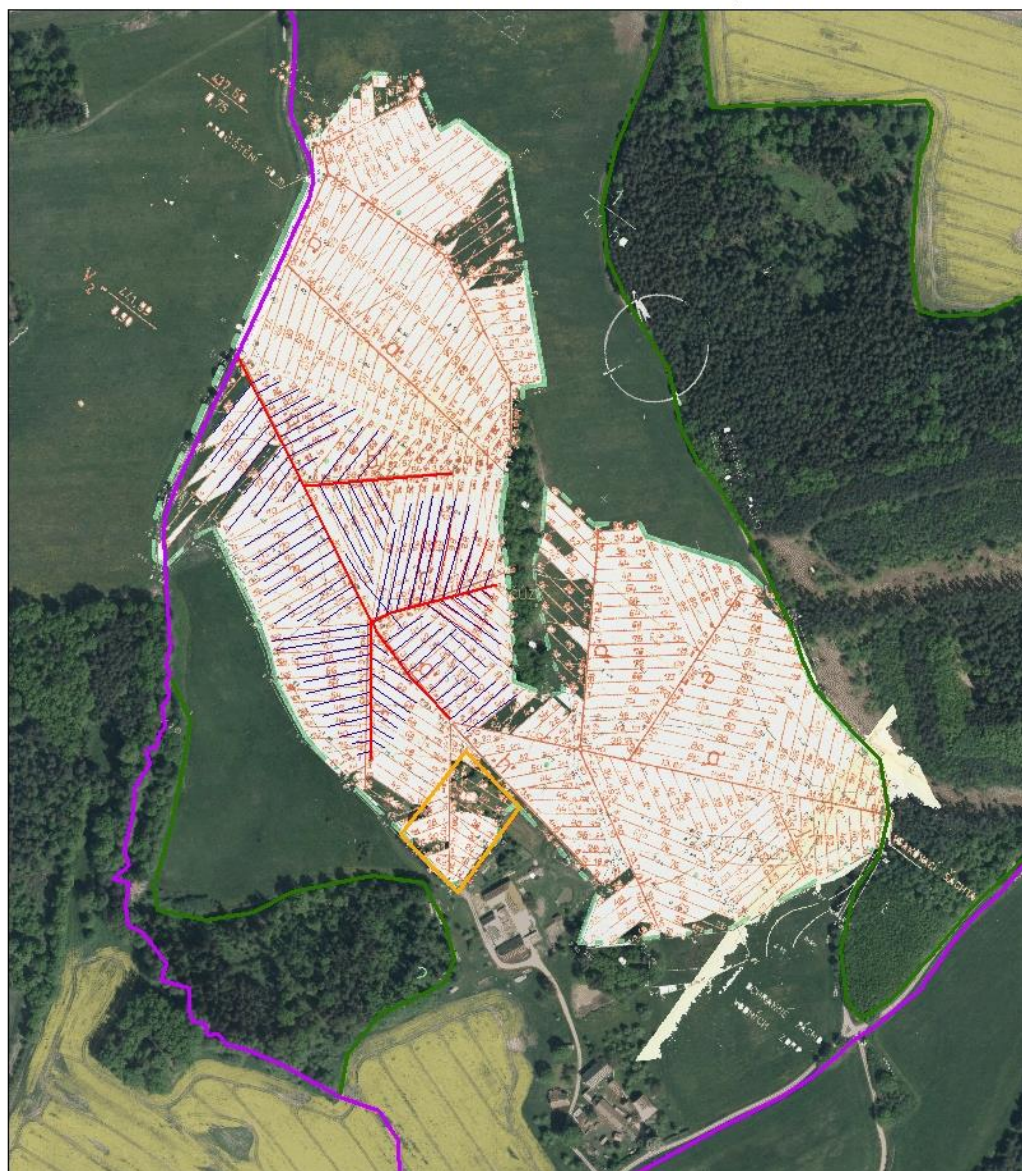
Realizované odvodnění neohrožuje životní prostředí. Odvodňovací stavba nemá negativní vliv na přírodu a krajinu.

## **Připojení na technickou infrastrukturu**

Odvodnění bylo vyústěno do stoky, konkrétně do Kameného potoka, který vtéká do rybníka Nový. Poskytnuté podklady byly získány ze zemědělského družstva Skalka, které sídlí v Lipí u Českých Budějovic.



## SITUACE PŮVODNÍ DOKUMENTACE ČAKOV U ČESKÝCH BUDĚJOVIC, 2017



hranice k.ú. Čakov

lesní plochy

stavba

— sběrné drěny

— svodný drěn

0 50 100 200 metry

Rastr původní projektové dokumentace - rok výstavby 1983

Plocha 17,6 (ha)



souřadnicový systém S-JTSK  
podkladová data: ortofoto ČÚZK

***Obr. 12: Georeferencovaná situace odvodnění***

Na snímku jsou ukázky diferencí původní projektové dokumentace stavby a linie sběrných a svodných drěňů. Jako podklad je zde ortofotomapa. Červenými liniemi jsou vyznačeny svodné drěny a modré linie značí drěny sběrné. V místě přibyla

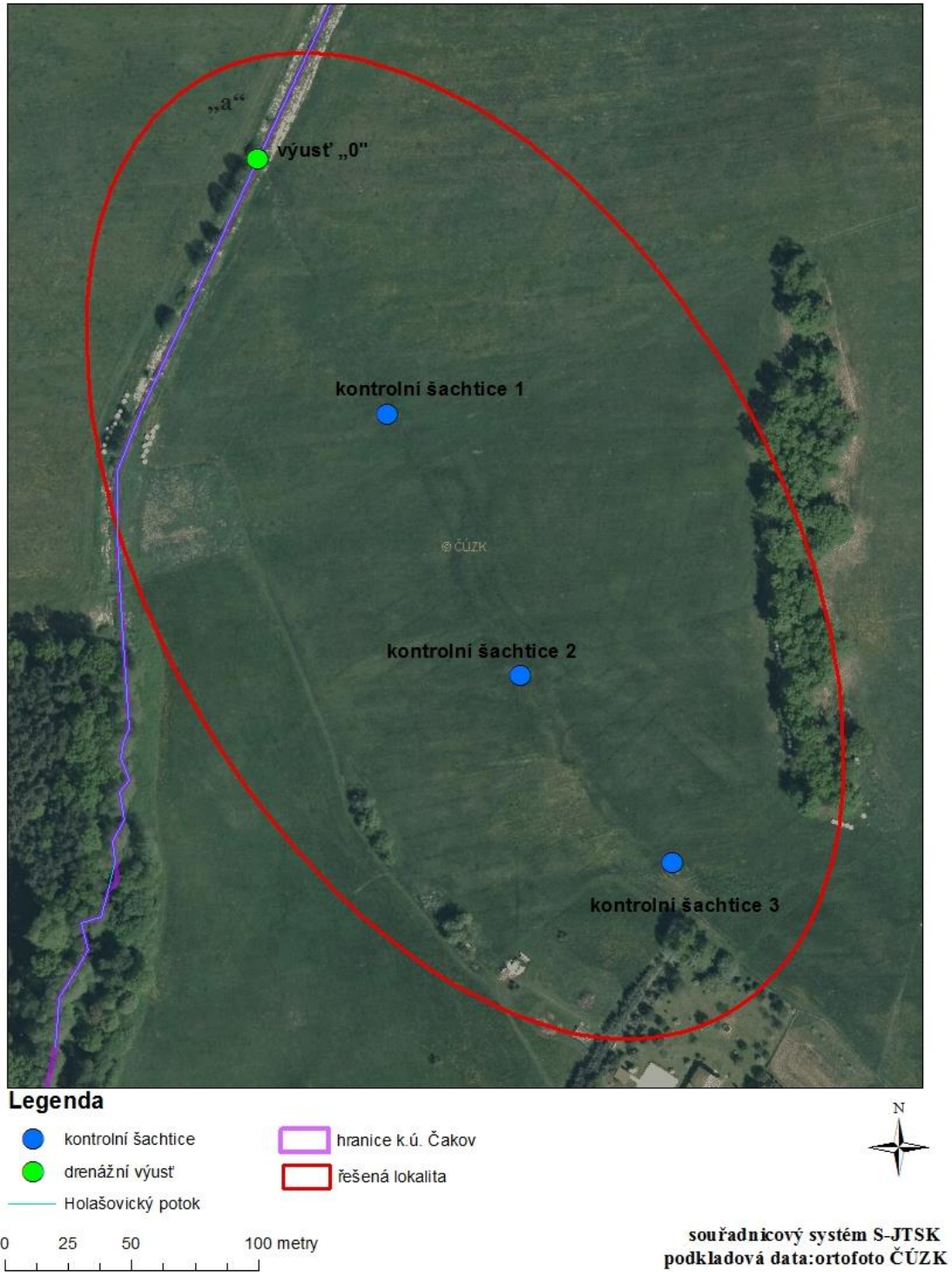
od vybudování odvodňovací stavby nová budova s pozemkem, která je vyznačena žlutou linií. Zelenou linií jsou vyznačeny lesní plochy.

### **Dokumentace v k.ú. Čakov u Českých Budějovic**

Situační výkresy v k. ú. Čakov u Českých Budějovic byly dohledány díky Povodí Vltavy, s. p., kde se nachází archiv. V archivu byly dohledány potřebné dokumenty. Projekt odvodnění u lokality „Borovka“ je dochovaný ve velmi dobrém stavu, jak je zřejmé v mapových výstupech. Díky této projektové dokumentaci je možné zjistit, zda odvodňovací stavba byla provedena správně. Je pravděpodobné, že odvodnění bylo provedeno jinak, než je dáno v situaci.

#### 4.6 Současný stav území a popis odvodňovací soustavy

### ŘEŠENÁ ČÁST ÚZEMÍ ODVODNĚNÍ ČAKOV U ČESKÝCH BUDĚJOVIC, 2017



Obr. 13: Přehled řešených šachtic s výustí, [zpracování vlastní]

#### **4.6.1 Podrobný popis odvodnění dle situace a řešená část odvodnění**

V popisu projektové dokumentace se postupuje od výusti, tedy v protisměru toku vody. Současný stav řešených kontrolních šachtic je vyznačen v obr. č. 13. Součástí hlavního drénu „a“ jsou kontrolní šachtice 1, 2, 3 a výust' „0“.

#### **Hlavní drén „(hlavník)“**

Hlavní potrubí vyúst'uje do Kamenného potoka. Hlavní výust' je provedena z betonového prefabrikátu o vnitřním průměru 200 mm. Výust' je v zanedbaném a neudržovaném stavu. Do části „a“ jsou svedeny svodné drény o průměru 6,5 cm, které jsou do hlavního odvodnění svedeny ze shora. Tento úsek je dlouhý cca 110 m od výusti až po 1. kontrolní šachtici. Potok je zarostlý a značně neudržovaný. Ze samotné výusti z vizualizovaného projevu při opakovaném terénním průzkumu nevytéká voda, což značí, že svodné potrubí může být ucpané a tím dochází ke zhoršení funkčnosti drenáže. Z fotografie je zřejmé silně zamokřené místo mezi výustí a 1. kontrolní šachticí, což naznačuje místo poruchy (viz obrázek č. 15).



***Obr. 14: Výust' „0“ svedená do Kamenného potoka, [Fotodokumentace: zpracování vlastní]***



***Obr. 15: Zamokřené místo od výusti po 1. kontrolní šachtici, [Fotodokumentace: zpracování vlastní, podzim 2016, jaro 2017]***

Tato fotografie z terénního průzkumu ukazuje silně zamokřené místo, kde dochází ke kumulaci vody. Tato rýha vede od 1. kontrolní šachtice až po výust'. Na levém snímku je zamokřené místo zdokumentováno na podzim 2016 a vpravo na jaře 2017.



***Obr. 16: Kontrolní šachtice č. 1, [Fotodokumentace: zpracování vlastní]***

Kontrolní šachta č. 1 je od výusti „0“ vzdálená 110 m. Hlavní potrubí je provedeno z pálené hlíny o vnitřním průměru 100 mm a je uloženo v hloubce 65 cm od úrovně terénu. Do této šachtice je svedeno pouze svodné drenážní potrubí ze severní části. Svodný drén je zhotoven také z pálené hlíny o průměru 100 mm. Na svodný drén

jsou napojeny sběrné drény o průměru 50 mm z pálené hlíny. Rozestup sběrných drénů „per“ činí cca 9–10 m z obou stran sběrného drénu. Z fotografie je zřejmé, že do kontrolní šachtice č. 1 přitéká pouze voda ze svodného drénu kontrolní šachtice č. 2. Při vizuální kontrole nebyl zjištěn odtok vody k výusti „0“. Na dně je značné množství kalu s částmi betonového poklopu a několika prvky drenážního potrubí. Materiál sběrných drénů je zde technicky řešen z pálené hlíny.

**Technický stav:** bez údržby

**Funkce:** omezená



**Obr. 17: Kontrolní šachtice č. 2, [Fotodokumentace: vlastní]**

Kontrolní šachta č. 2 se nachází mezi kontrolními šachticemi č. 1 a č. 3. Délka hlavního odvodňovacího potrubí od šachty č. 1 je 115 m o zahloubení 70 cm od úrovně terénu. Dle projektové dokumentace do šachty vedou dva svodné drény. Na jižní části svodného drénu se nachází cca 26 sběrných drénů. Ve funkčním prostoru tohoto svodného drénu je vizuálně i pomocí snímku zřetelné zamokření nasvědčující o poruše odvodňovacího systému. Sběrné i svodné drény jsou zde rovněž zhotoveny z pálené hlíny. Délka svodného drénu východním směrem dle projektové dokumentace je 96 m. Na tomto svodném drénu je napojeno 15 sběrných drénů o vnitřním průměru 50 mm. Rozestupy na obou větvích mezi sběrnými drény jsou cca 9–10 m. Betonový poklop zde chybí. Zde je hlavní potrubí provedeno z plastu o vnitřním průměru 150 mm. Toto drenážní potrubí je funkční – voda přitéká i odtéká. Na dně se nachází značné množství kalu. Hlavní a svodné potrubí je uloženo v hloubce cca 50 cm od úrovně terénu.

**Technický stav:** neudržovaný

**Funkce:** průtočná



**Obr. 18: Kontrolní šachtice č. 3, [Fotodokumentace: zpracování vlastní]**

Kontrolní šachtice č. 3 je od šachtice č. 2 vzdálená 115 m. Hlavní potrubí je provedeno z pálené hlíny o vnitřním průměru 100 mm a je uloženo v hloubce 70 cm. Do této šachtice je svedeno pouze svodné drenážní potrubí ze severní části. Svodný drén je zhotoven také z pálené hlíny o průměru 65 mm. Z fotografie je zřejmé, že do kontrolní šachtice přitéká voda ze svodného drénu a odtéká směrem ke kontrolní šachtici č. 2. Na dně jsou kromě kalu i kusy krycího poklopu. Sběrné drény mají průměr 50 mm. Materiál svodných a sběrných drénů je zde technicky řešen z pálené hlíny. Rozestup sběrných drénů „per“ činí cca 9 m z obou stran svodného drénu. Na jihovýchodní straně od šachtice č. 3 je vizuálně zřetelný pramenný vývěr, který zřejmě sběrné drény nezachycují. Tato část odvodňovacího systému není však detekována bezpilotní technologií a není tudíž georeferencována. V jihozápadním směru od šachtice č. 3 byl proveden svodný drén o průměru 100 mm (do šachtice zaústěn) jehož značná část včetně sběrných drénů je dotčena obytnou stavbou a zahradou. Podle vyjádření majitele byl v této části svodný drén přerušen.

**Technický stav:** neudržovaný

**Funkce:** průtočná

#### **4.6.2 Příčina zamokření**

Řešené území je odvodněno především z důvodu pramenného vývěru, který je vidět na snímcích z ortofotomapy i na snímku pořízeném 15. května 2016. Odvod viditelného zamokření zajišťuje odvodňovací systém v prostoru mezi šachticemi č. 2 a č. 3, který je zřejmě v současné době nefunkční. Příčinou nefunkčnosti sběrných drénů může být destrukce páleného potrubí na hranici životnosti nebo poškození drénů zemědělskou technikou při přejezdech zamokřeného a tudíž méně únosného terénu.

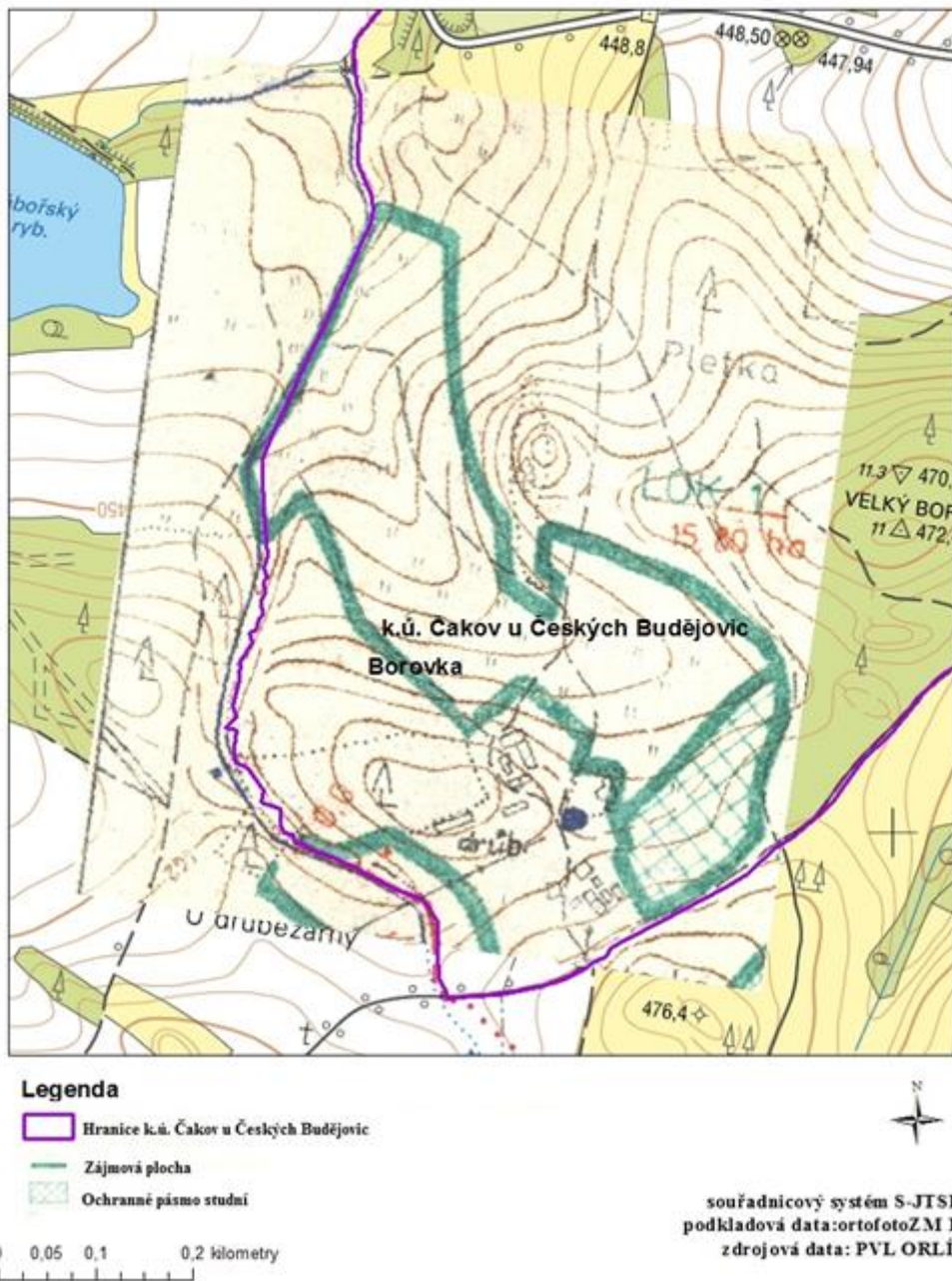
Kromě zmíněného zamokření bylo terénním průzkumem zjištěno i zamokření prostoru západně od svodu mezi kontrolní šachticí č. 1 a vyústěním, které však nebylo podchyceno snímkem z bezpilotní technologie (mimo snímaný okruh). Jednou z možností vzniku této poruchy je nefunkčnost svodného potrubí blíže výusti.

#### **4.6.3 Současné obhospodařování půdy**

Na území nedochází k žádnému hnojení ani aplikaci digestátu při srážce. Území bývá sečeno 2x ročně a to v průběhu června a koncem srpna. V současné době si území vlastníci obhospodařují sami.



## Ochranné pásmo v k.ú. Čakov u Českých Budějovic



*Obr. 19: Ochranné pásmo v k. ú. Čakov u Českých Budějovic 2017, [zpracování vlastní]*

Z mapy je zřejmé, že celá odvodňovací soustava se nachází v ochranném pásmu zdrojů pitné vody. Při návrhu odvodňovacího systému bylo k dispozici stanovisko hydrogeologického průzkumu vyžadující a pravděpodobně provedené vyloučení některých částí této lokality z návrhu odvodnění.

#### 4.6.4 Vegetační kryt

Druhem pozemku je TTP. Tento druh zde převažuje více než 5 let. V současné době je území bez obnovy porostu. Jako typ travin zde převažuje bojínek luční (*Phleum pratense L.*), kostřava luční (*Festuca pratensis Huds*), psineček výběžkatý (*Agrostis stolonifera L.*) a především bika ladní (*Luzula campestris*), která roste na silně zamokřeném místě mezi šachtami č. 2 a č. 3.



**Obr.20: Bika ladní (*Luzula campestris*), [Fotodokumentace: zpracování vlastní]**

Na tomto snímku je viditelná bika ladní (*Luzula campestris*), která roste na zamokřeném místě mezi šachticemi. Tato rostlina je čistě jarního aspektu, která kvete od března do května hlavně na déle zamokřených loukách, či pastvinách. Bika ladní (*Luzula campestris*) je indikátorem na zamokřených půdách.

#### 4.6.5 Potenciální vegetace

Mezi potenciální vegetaci lze zde zařadit střemchovou doubravu, bukovou olšinu.

#### 4.7 Detekce odvodňovacích soustav a jejich poruch z pořízených snímků



*Obr.21: Ukázka vizualizovaného projevu odvodňovací soustavy, [Zdroj: ČÚŽK-Ortofoto, vlastní zpracování]*

Na tomto snímku jsou viditelné tmavější rýhy, které značí výskyt drenáží. Na dolní části území se projev rýhy ztrácí ve světlejší části, což značí zamokřené místo. Tento jev se prokázal i při terénním průzkumu.



*Obr. 22: Vektorizované linie odvodňovací soustavy z rastru ortofota, [Zdroj: ČÚŽK-Ortofoto, vlastní zpracování]*

Na tomto snímku jsou vektorizovány svodné a hlavní drény se zaústěním do Kamenného potoka.



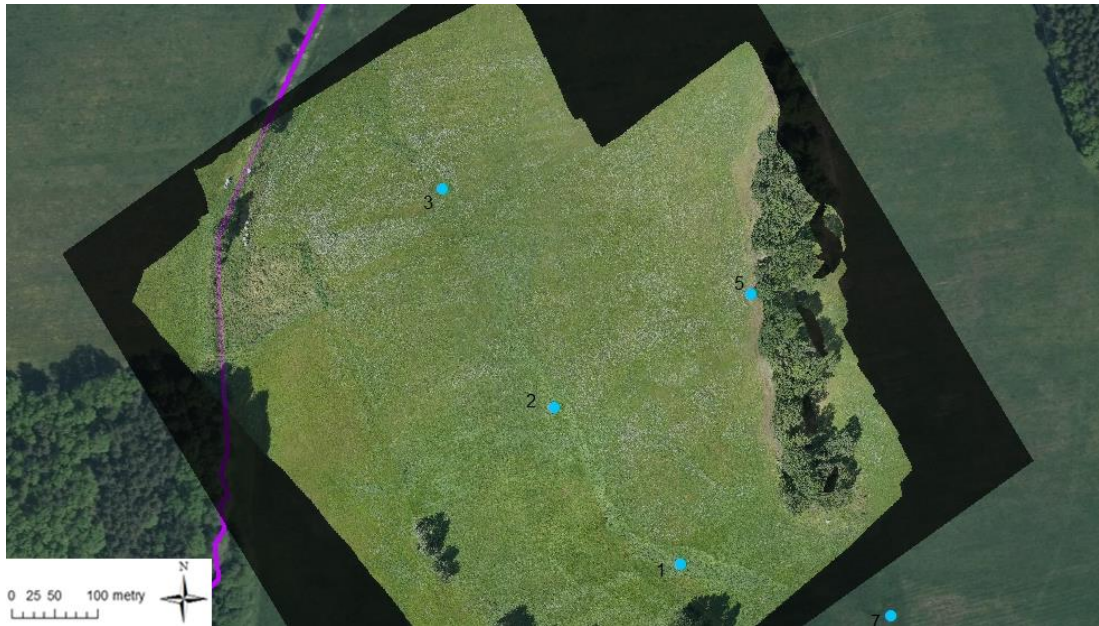
**Obr. 23: Vektorizované linie odvodňovací soustavy z rastru ortofota a situace odvodňovací soustavy, [Zdroj: ČÚZK- Ortofoto, vlastní zpracování]**

Snímek naznačuje mírné odchylky skutečného provedení od projektové dokumentace. Pro nesouhlas majitele pozemku nebylo možno provést průzkum odkopávkou za účelem zjištění skutečných odchylek. Nebyly rovněž nalezeny geodetické body, ze kterých se vycházelo v době realizace odvodnění. Nelze tudíž zjistit případné odchylky tehdejšího zaměření proti dnešnímu zaměření GPS.



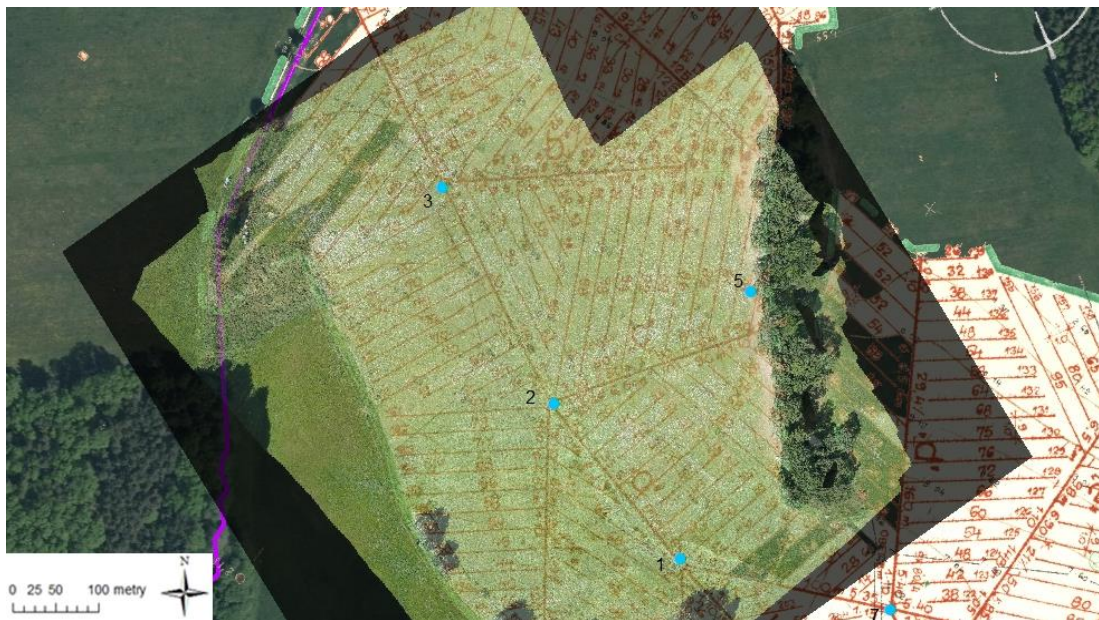
***Obr. 24: Ukázka vizualizovaného projevu odvodňovací soustavy na šikmém snímku porostu TTP, pořízeného projevem bezpilotní technologií, [Fotodokumentace: zpracování vlastní]***

Na šikmém snímku vyjadřují světlejší místa a části linií lepší vegetaci oproti pozadí a tudíž součásti odvodňovacího systému v závislosti na výšce porostu a okamžitých povětrnostních podmínkách. Jde o fytoindikační projev.



**Obr. 25: Připojený snímek z bezpilotní technologie do systému S-JTSK pomocí vřícovacích bodů, [zpracování vlastní]**

Na uvedeném snímku jsou vyznačené vřícovací body, které jsou zaměřeny pomocí GPS.



**Obr. 26: Připojený snímek z bezpilotní technologie do systému S-JTSK pomocí vřícovacích bodů a podklad situace odvodňovacího systému, [zpracování vlastní]**

Tento snímek byl pořízen pomocí bezpilotní technologie v květnu 2016 za samotami u Borovků. Georeferencování proběhlo pomocí vlíčovacích bodů, které byly zaměřeny pomocí GPS. Zde je podložena i situace odvodňovací soustavy.



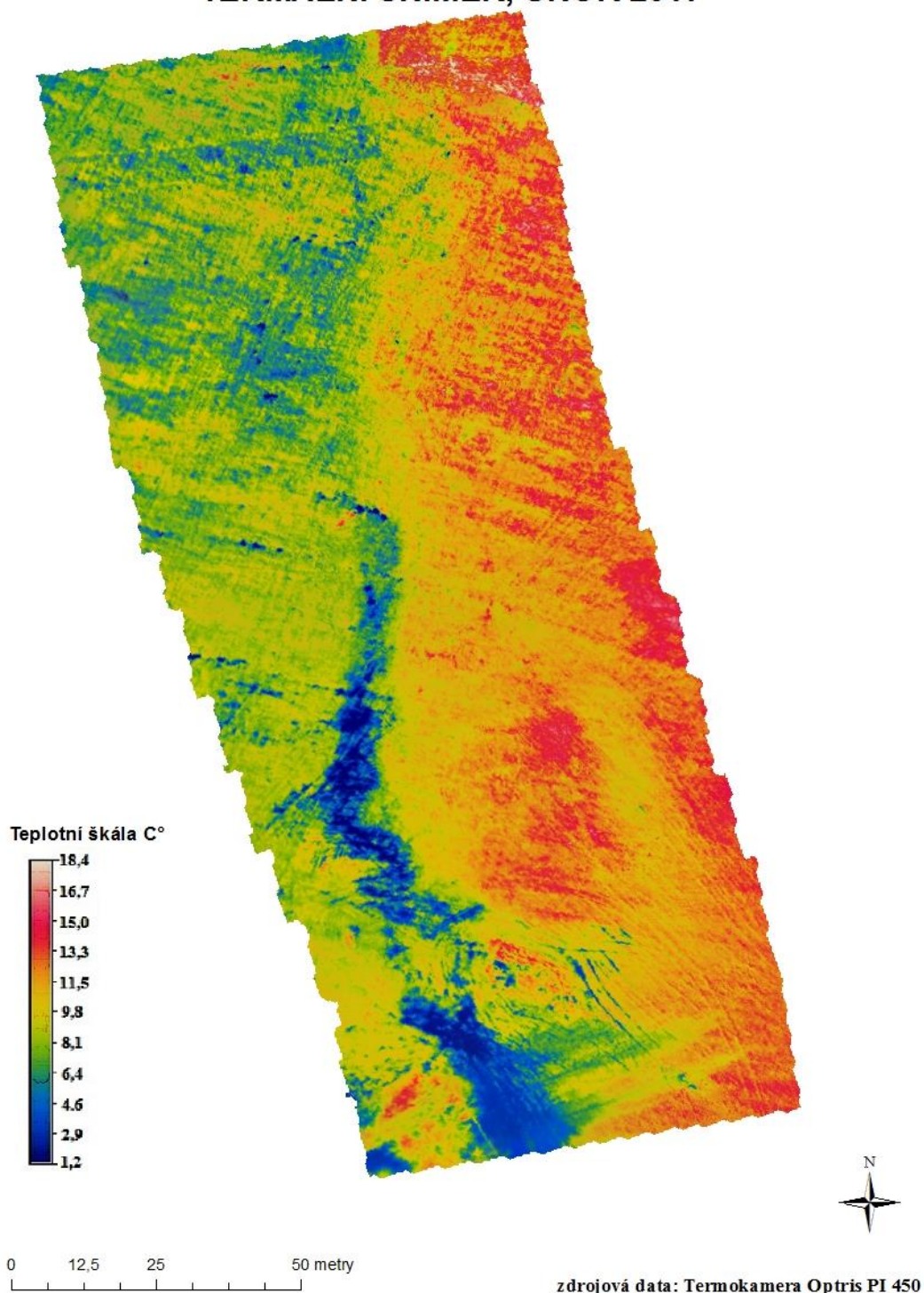
***Obr. 27: Snímek pořízený bezpilotní technologií***

Snímek je pořízen dne 15. května 2016 ve 14:00. Teplota v době snímků byla 15 °C. Vítr SZ o rychlosti 4 až 8 m/s. Výška porostu byla 8–10 cm nerovnoměrně. Ačkoliv byl použit jeden časový horizont bez možnosti porovnání dalších snímků jiné časové řady, lze konstatovat, že na snímku je viditelná drenážní rýha hlavního drénu, která je dobře viditelná fytoindikačních projevů. Tmavší místo fotoindikace značí delší dobu zamokření, což se při terénním průzkumu potvrdilo. Snímek byl pořízen v

období s normálním průběhem srážek a rozvojem vegetace. Tento snímek v připojeném tvaru je lépe viditelný na obr. č. 25 a obr. č. 26. V polovině snímku v podélném směru je zřetelná linie porostu sledující hlavní odvodňovací potrubí. Detailní pohled na typ tohoto travního porostu o vyšší mohutnosti svědčí o větším zamokření, jehož příčinu ze snímku nelze odhalit. Je pouze možné předpokládat, že na této trase může docházet k průsaku vody podél odvodňovacího potrubí. Prostorové rozlišení 2,5 cm/pixel.



## TERMÁLNÍ SNÍMEK, ÚNOR 2017



**Obr. 28: Termální snímek, únor 2017**

Tento snímek byl pořízen termokamerou dne 16. 2. 2017 v 13:30. Teplota vzduchu při snímkování byla 9 °C. V době snímkování bylo jasno s mírným větrem, terén byl bez sněhové pokrývky. Tmavší linie odpovídá průběhu hlavního potrubí. S ohledem na termín snímku nepřichází v úvahu hodnocení fytoindikací a jde tedy o

vzlínavé zavodnění podél hlavního (svodného) potrubí. Pravá část území na snímku není vyhodnocována, neboť mírně svažité terén byl dotčen intenzivnějším slunečním zářením. V části území jsou pravděpodobně zřetelné sběrné drény, avšak může jít též o teplotní výkyvy zvlnění terénu. Prostorové rozlišení 5 cm/pixel.

## SNÍMEK ZE ZIMNÍHO OBDOBÍ ČAKOV U ČESKÝCH BUDĚJOVIC, LEDEN 2017



### Legenda

- vřícovací body
- hranice k.ú. Čakov

0 25 50 100 metry



souřadnicový systém S-JTSK  
 podkladová data: ortofoto ČÚZK  
 Bc. Vojtěch Fürst, PÚPNn 2.ročník, 2017

**Obr. 29: Sněhová pokrývka na vizualizované odvodňovací soustavě**

Snímek je pořízen 20. ledna 2017 o teplotě  $-3\text{ }^{\circ}\text{C}$ . Vítr byl proměnlivý do 4 m/s. Bylo skoro jasno až polojasno. V době pořizování snímku foukal silný vítr. Snímek se podařilo připojit i přes špatnou viditelnost vlíčovacích bodů a pomocí zobrazení kontrolních šachtic, které byly lépe viditelné. Snímek neukazuje žádný viditelný projev drenážních rýh a to především z důvodů většího promrznutí terénu. Úspěšnost snímkování v zimě je tedy podmíněna vhodnými klimatickými podmínkami. Není tedy vhodné snímkovat v zimním období. Prostorové rozlišení 3 cm/pixel.

#### **4.8 Příklad možného řešení poruchy odvodnění**

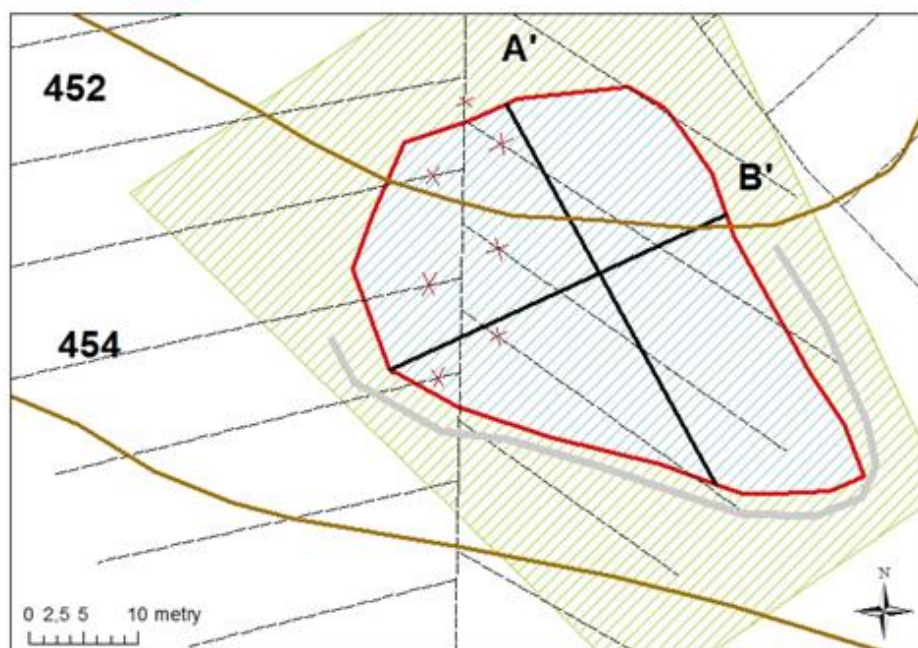
Jedním z možných řešení poruchy odvodnění je zřízení retenčního prostoru pro krátkodobé zadržení vody. V řešeném území může tento účel plnit zřízení průtočné tůně v zamokřeném prostoru mezi šachticemi č. 2 a č. 3 hlavního odvodnění. Dalším účelem zřízení tůně může být rozšíření vodních biotopů v krajině, posílení a podpora populací lokálního výskytu rostlin. Pro vodní rostlinstvo bude sloužit mělká část tůně a svahy břehů. Výstavbou průtočné tůně a otevřeného odvodňovacího koryta nedojde k negativnímu ovlivnění okolního životního prostředí. Místo, kde se předpokládá odtok vody z tůně, se zpevní hrází z lomového kamene. Toto řešení je z konstrukčního hlediska je jednodušší a po finanční stránce levnější. Ostatní svodné drény budou svedeny do nově vytvořeného koryta. Stávající drenáže v území nad 3. kontrolní šachticí zůstanou zachovány, aby nedošlo k rozrušení vodních poměrů v daném území, ale odvodnění bude svedeno do zřízené tůně. Hlavní odvodňovací potrubí mezi výustí „0“ a kontrolní šachticí č. 3 bude nahrazeno otevřeným korytem. Do otevřeného koryta budou svedeny svodné drény spolu se sběrnými drény. Zřízení tůně bývá i součástí plánu společných zařízení v procesu pozemkových úprav. Tůň bude nutné navrhnout tak, aby nebylo zaplaveno potrubí drenáže. Přepad je nutné navrhnout tak, aby srážková voda nepřetékala nekontrolovaně přes břehy tůně. Zpevnění nátoky bude provedeno pohozením z lomového kamene a přeliv obdobným způsobem.

## Příklad tůně










0 10 20 40 metry

Legenda  zřízení tůně



Legenda

- |   |   |  |
|---|---|--|
|  výsadba keřů a dřevin |  drenáž          |  vrstevnice         |
|  Návrh opatření - tůň  |  zrušení drenáže |  zpevnění kamenivem |
|  zřízení tůně          |   |  |

souřadnicový systém S-JTSK  
podkladová data: ortofoto ČÚZK

Obr. 30: Tůň založená na původním drenážním systému, [zpracování vlastní]

## Ozelenění

V zájmovém úseku se nachází poměrně malé množství původní stromové a keřové vegetace. Navrhuje se ponechat v maximální možné míře stávající vegetaci a vysadit novou, vhodnější vegetaci.

Návrh nového ozelenění má za cíl vytvoření břehového porostu za účelem stabilizace nově vytvořeného koryta. Bude vysazen porost složený ze stromů a keřů s ohledem na nároky jednotlivých rostlin. Vysadily by se zde pouze přirozeně se vyskytující dřeviny domácího původu odpovídající přírodním podmínkám lokality. Vysazené dřeviny by byly doplněny o břehovou výsadbu podél nově vytvořeného koryta. Plocha podél břehu tůně a mokřadu bude osázena výsadbou doprovodné zeleně (stromy a keřové patro) sestávající z geograficky původních dřevin, které se v dané lokalitě nacházejí a dále bude zatravněna a pravidelně kosena jako travní porost.

Všechny výsadby budou umístěny v travním porostu, či podél uvažovaného koryta, což by mělo zajistit stabilizaci v relativně krátkém čase. Na revitalizaci budou použity sazenice různého stáří a velikosti, které budou navíc vysazeny v nepravidelných skupinách. Z časového hlediska se nejprve vysadí stromy, které se nechají 5 let růst a vyvíjet. V případě neuchycení stromů, či napadení škůdci se skladba stromů obmění. Po dostatečném vyvinutí stromů se začne s výsadbou keřů. Kořeny stromů i keřů tak značně zpevní oba břehy koryta a to do cca 10 let. Jako ochrana zeleně před okusem zvěře během prvních několika let bude sloužit plastová chránička, do které bude dřevina umístěna. Výška plastové chráničky bude činit cca 1,5 metru a musí být dobře upevněna. Zalévání stromků a keřů není nutné díky dostatečně vlhké lokalitě. Každé jaro bude ovšem vhodné provést prořezávku, aby nedošlo k přehuštění dřevin. K správné údržbě přispěje i pravidelné (minimálně 3 krát ročně) kosení travního porostu.











### Navržený porost

Na zájmové území bude vhodné zasadit dřeviny, které zpevní oba břehy a to například líska obecná (*Corylus avellana*) a ptačí zob obecný (*Ligustrum vulgare*), které budou navrženy v rozestupu 4–5 metrů z důvodů většího prostoru pro zakořenění. Mezi stromy bude navržena olše lepkavá (*Alnus glutinosa*) a vrba popelavá (*Salix cinerea* L.).

## Příklad možnosti řešení odvodnění



### Legenda

|   |                         |   |                 |
|---|-------------------------|---|-----------------|
|  | Vodní tok               |  | zřízení tůně    |
|  | zaústění porubí do tůně |  | Nové koryto     |
|  | hráz                    |  | drenáž          |
|  | Návrh opatření - tůň 1  |  | zrušení drenáže |
|  | zpevnění kamenivem      |   |                 |
|  | výsadba keřů a dřevin   |   |                 |

0 25 50 100 metry

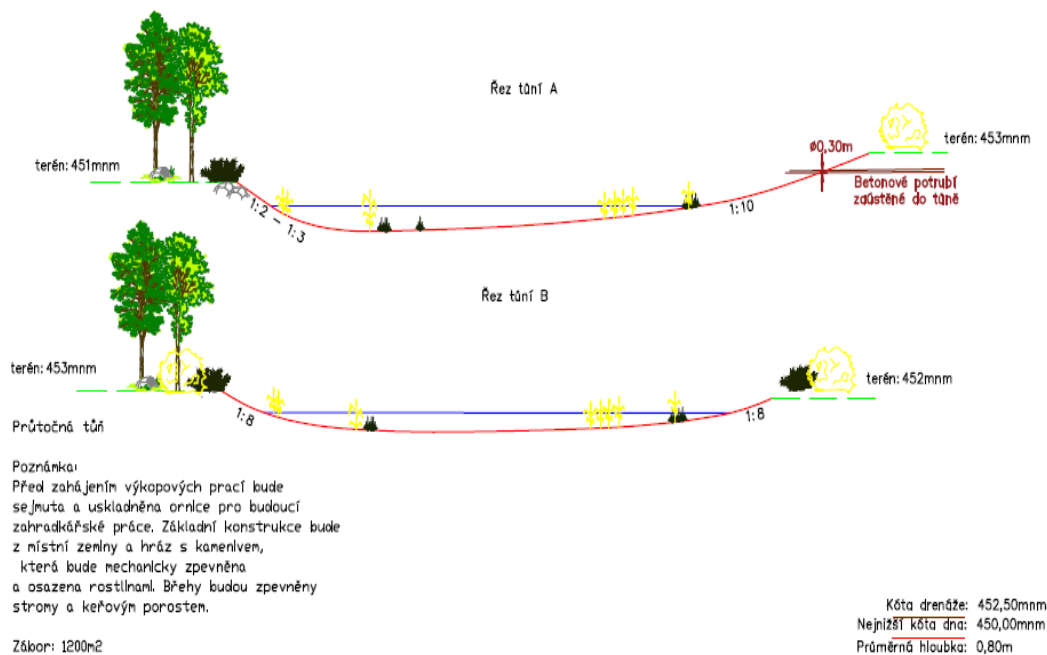


souřadnicový systém S-JTSK  
podkladová data: ortofoto ČÚZK  
zpracování: vlastní  
Bc. Vojtěch Füst, PÚPNn 2.ročník, 2017

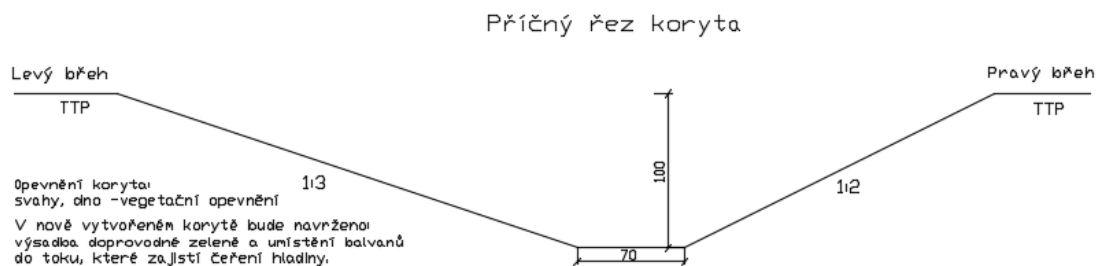
**Obr. 31: Příklad možnosti řešení odvodnění, [zpracování vlastní]**

V místě zamokření bude navržena průtočná tůň o velikosti 0,12 ha. Tato tůň poslouží k zachycení srážkových i podzemních vod. Při výšce hladiny vody v tůni nad úroveň přepadu bude voda samovolně odtékat do koryta.

### PŘÍKLAD ŘEŠENÍ PRŮTOČNÉ TŮNĚ



**Obr. 32: Příklad řezu tůně, [zpracování vlastní]**



**Obr. 33: Příčný řez koryta, [zpracování vlastní]**

### Příklad rozlivu dimenzován na průtok Q2.

$$S = (a1 * y)/2 + (a^2 * y)/2 + (b * y) = 1,5 * 1 + 0,7 = 3,2 \text{ m}^2$$

$$O = \sqrt{a1^2 + y^2} + \sqrt{a^2 + y^2} + b = 3,16 * 2,24 + 0,7 = 6,1 \text{ m}$$

$$R = S/O = 3,2/6,1 = 0,5246 \approx 0,53$$

Poměr 1/n pro nekosené zemní koryto je roven hodnotě 30.

$$C = (1/n) * R^{1/6} = 30 * 0,531/6 \approx 26,99$$

$$v = C * \sqrt{R * i} = 26,99 * \sqrt{0,53 * 0,0019} \approx 0,86 \text{ m/s}$$

$$Q = S * v = 0,86 * 3,2 = 2,752 \approx 2,8 \text{ m}^3/\text{s}$$

**n** - průměrná drsnost

Zde je uveden příklad pro naplněné koryto při průtoku Q2.

## 5. ZÁVĚR

V diplomové práci je řešeno použití bezpilotní technologie pro určování drenážních systémů a jejich poruch na zemědělsky obhospodařovaných půdách. Bepilotní technologie umožňuje se dostat na těžko přístupná místa. Zároveň je třeba dodat, že pro úspěšnost snímkování je důležitý fotoaparát, termokamera a další příslušenství. Významným faktorem dobrých snímků jsou zkušenosti a znalosti pilota s různými podmínkami fotografování, za různého počasí, vlhkosti a různých výšek.

Cílem práce bylo identifikovat zamokřená místa a drenážní rýhy. Ověření detekovaných problémů a nefunkční drenáže bylo provedeno pochůzkou po trvalém travním porostu v terénu. Doplnkově byly zachyceny další faktory lokality z hlediska klimatických, pedologických, hydropedologických a hydrologických poměrů. Na závěr práce je uvedena jedna z možností odvodnění, kde byla navržen průtoková tuň s odvodňovacím korytem, do kterého byly navrženy svodné drény. Součástí práce byla literární rešerše, která přibližuje problematiku odvodnění v ČR, konkrétně podzemní trubkovou drenáž a částečně i bezpilotní technologii.

Na snímcích z bezpilotní technologie se podařilo identifikovat zamokřenou plochu na trvalém travním porostu a místy drenážní rýhy. Přínos měl snímek z května 2016, kde je zjevný fytoindikační projev drenážní rýhy a zamokřeného místa. V tomto místě se nacházejí sběrné drény, které jsou připojeny na svodný drén. Lze konstatovat, že sběrné drény z pálené hlíny v porušeném místě jsou pravděpodobně na hranici své životnosti nebo jsou zarostlé a zborcené. Vyloučeno není také ani poškození drénů zemědělskou technikou.

Hlavní fytoindikačním projevem je Bika ladní (*Luzula campestris*). Tato rostlina je na zamokřených místech snímaného prostoru. Pozitivním bylo získání části projektové dokumentace provádění stavby v roce 1983. Využity byly některé informace z technické zprávy zejména pak situační výkres, který byl naskenován a poté zgeoreferencován.

S největší pravděpodobností mohlo dojít při realizaci stavby k drobným diferencím. Lokálně se jeví v částech snímku i možné překřížení sběrných drénů, což naznačuje možnost odvodňovacích prací již v dřívějších dobách. Rovněž nebylo



možno přistoupit k ověření výsledků zaměření drenáží odkopem pro nesouhlas vlastníka pozemku.

Poznatky o možnostech průzkumu starších odvodňovacích systémů pomocí bezpilotní technologie, jak jsou zachyceny v této práci (byť rozsahem omezené na možnosti využití dronu) dosvědčují, že tyto technologie jsou pro detekci podpovrchových odvodňovacích systémů vhodné, využitelné a ekonomicky výhodnější oproti klasickému, družicovému a leteckému snímání. Je ovšem zřejmé, že skutečně kvalitní detekce je také podmíněna pořízením více snímků v různých fázích vegetace na uvažovaném území a ve vztahu k teplotě, srážkám a dalším možným vlivům. Navíc tato práce se zajímá pouze o trvalý travní porost, nikoliv o ornou nebo lesní půdu. V tomto ohledu se jeví jako podněcující metodika Identifikace drenážních systémů a stanovení jejich funkčnosti vydaná Výzkumným ústavem meliorací a ochrany půdy, v. v. i., Praha Zbraslav, zpracovaná významnými odborníky tohoto oboru z různých pracovišť ČR. Tato metodika byla vydána v prosinci 2016 a nebylo ji možno využít při přípravě odborných měření pro tuto práci, avšak umožnila ověřit, že poznatky tohoto měření jsou správné.

V současné době nelze plně vyhodnotit rozsah požadavků na identifikaci odvodňovacích systémů v souvislosti na požadavky retenční schopnosti na území ČR. Také odpovědnost početnějších majitelů pozemků proti původnímu stavu při zřízení odvodňovacích systémů, z nich někteří ani nevědí, že pozemek je odvodněn. Není ani vyloučeno, že někteří budou odmítat jakýkoliv podíl na úpravách odvodňovacích systémů.

V případě chybějící projektové dokumentace se pořizování leteckých snímků jeví jako jediná možná forma identifikace podpovrchových sítí, nemá-li se přistoupit k destruktivním metodám.

## **SEZNAM ZKRATEK**

**DIBAVOD** – Digitální báze vodohospodářských dat

**GIS** – Geografický informační systém

**GPS** – Global position systém

**JZD** – Jednotné zemědělské družstvo

**KoPÚ** – Komplexní pozemkové úpravy

**PÚ** – Pozemkové úpravy

**RPAS** – Remotely Piloted Aircraft Systems (Dálkově pilotované letadlo)

**TTP** – Trvalé travní porosty

**UAS** – Unmanned Aerial System (Bezpilotní systém)

**UAV** – Unmanned aerial vehicle (Bezpilotní letadlo)

**ÚCL** – Úřad civilního letectví

## SEZNAM POUŽITÉ LITERATURY

1. ANTAL, J., FÍDLER, J., JONÁŠ, F., STŘEĎANSKÝ, J., URBANOVÁ, M., *Pol'nohospodárske meliorácie*. Bratislava: Príroda, 1989. ISBN 80-07-00011-9, 457 s.
2. BENETIN, J., DVOŘÁK, J., FÍDLER, J., KABINA, P. *Odvodňovanie*. 1. vyd. Bratislava: Príroda, 1987, 574 s.
3. BERAN, J. *Základy vodního hospodářství*. 2. vyd. Praha: Česká zemědělská univerzita v Praze, 2009, 146 s.
4. BLAHA, J., *Odvodnenie polnohospodárskych pozemkov rúrkovou drenážou*. 1. vyd. Bratislava: Slovenská technická univerzita, 2009, 137 s.
5. BLAŽEK, V., CÍLEK, V., EHRLICH, P., FRANK, D., GERGEL, J., HLADNÝ J., HOFMEISTER, T., JANSKÝ, B., KAKOS, V., KENDER, J., KOPP, J., KRÁL, M., KRÁTKÁ, M., KRÁTKÝ, M., KVÍTEK, T., LÍDLOVÁ, D., LANGHAMMER, J., MANÍČEK, J., MATOUŠEK, V., MATOUŠKOVÁ, M., NESMĚRÁK, I., NĚMEC, J., NIETSCEOVÁ, J., PLESNÍK, J., POKORNÝ, D., PUNČOCHÁŘ, P., ŘÁDEK, T., SATRAPA, L., ŠÁMALOVÁ, Z., ŠŤASTNÝ, B., VRABEC, M., VYLITA, T., ZEMAN, O., *Voda v České republice*. Praha: Pro Ministerstvo zemědělství vydal Consult, 2006, ISBN 80-903482-1-1, 253 s.
6. BOON, M. A., GREENFIELD, R., TEFAMICHAEL, S., *Wetland assessment using unmanned aerial vehicle (UAV) photogrammetry*, The International Archives of the Photogrammetry, Remote Sensing and Spatial Information Sciences, Volume XLI-B1, Prague, 2016, 781-788 s.
7. BULÍČEK, J., *Voda v zemědělství*. Praha: Státní zemědělské nakladatelství, 1977, 291s.
8. CÍLEK, V., KENDER, J., *Voda v krajině: kniha o krajínovorných programech*. Praha: Consult pro Ministerstvo životního prostředí a Agenturu ochrany přírody a krajiny ČR, 2004. ISBN 80-902132-7-8, 207 s.
9. ČSN 75 4200 Hydromeliorace, Úprava vodního režimu zemědělských půd odvodněním, 1993, 72 s.

10. DAVIE, T., *Fundamentals of hydrology*. 2nd ed. London: Routledge, 2008. ISBN 0203933664, 221 s.
11. DOLEŽAL, P., PAVLÍK, M., STŘÍTECKÝ, L., DUMBROVSKÝ, M., MARTÉNEK, J., *Metodický návod k provádění pozemkových úprav* (aktualizovaná verze k 1. 5. 2012). Praha: Ministerstvo zemědělství, 2010, 220 s.
12. DUMBROVSKÝ, M., *Příspěvek k řešení vodního hospodářství krajiny v pozemkových úpravách: The contribution for solving the landscape water management in the process of land consolidation : zkrácená verze habilitační práce*. Brno: VUTIUM, 2005. ISBN 80-214-3082-6, 44 s.
13. FUČÍK, P., BYSTRICKÝ, V., DOLEŽAL, F., LECHNER, P., KVÍTEK, T., VÁCHAL, J., ŽLÁBEK, *Posuzování vlivu odvodňovacích systémů a ochranných opatření na jakost vody v zemědělsky obhospodařovaných povodích drobných vodních toků: metodika*. Praha: VÚMOP, 2010. ISBN 978-80-87361-00-9, 90 s.
14. GRENZDÖRFFER, G., J., ENGELB, A., TEICHERT, B., *The International Archives of the Photogrammetry, Remote Sensing and Spatial Information Sciences*. Vol. 37. Part B1. Beijing, 2008, 1206 – 1214 s.
15. JANEČEK, M., *Meliorace včera, dnes a zítra; sborník vybraných příspěvků z celostátního semináře pořádaného u příležitosti 50. Výročí založení ústavu*. Praha, Výzkumný ústav meliorací a ochrany půdy, 2004, 224 s.
16. JAVORSKÝ, P., KREČMER, P., *Rozbory vod a ovzduší v zemědělství*. Praha: Státní zemědělské nakladatelství, 1990, ISBN 80 – 209 – 0110 – 8, 423 s.
17. JUST, T., ŠÁMAL, V., DUŠEK, M., FISCHER, D., KARLÍK, P., PIKAL, J., *Revitalizace vodního prostředí: všem, kteří si přejí udělat z příkopů a kanálů zase potoky a řeky*. Praha: Agentura ochrany přírody a krajiny České republiky, 2003. ISBN 80-86064-72-7, 144 s.
18. JŮVA, K., *Vodohospodářské meliorace. Odvodnění - závlaha*. Praha: SNTL, 1964.
19. JŮVA, K., DVOŘÁK, J., TLAPÁK, V., *Odvodňování zemědělské půdy*. Praha: Státní zemědělské nakladatelství, 1987, Mechanizace, výstavba a meliorace, 318 s.
20. JŮVA, K., TLAPÁK, V., REGAL, V., *Meliorace luk a pastvin*. Praha: Státní zemědělské nakladatelství, 1973. Rostlinná výroba (Státní zemědělské nakladatelství), 286 s.
21. JŮVA, K., *Základy meliorací*. Praha: Státní zemědělské nakladatelství, 1955, 358 s.

22. KARAS, J., TICHÝ, T., *Drony*, Brno: Computer Press, 2016. ISBN 978-80-251-4680-4, s. 264.
23. KOKOŠKA, J., *Rekonstrukce a modernizace odvodňovacích systémů*: Karlovy Vary září 1987. Plzeň: Dům techniky ČSVTS, 1987, 186 s.
24. KOZLOVSKY DUFKOVÁ, J., *Závlahy a odvodnění: teoretické základy a praktická cvičení*. V Brně: Mendelova zemědělská a lesnická univerzita, 2009, ISBN 978-80-7375-335-1, 114 s.
25. KRIŠTÍN, J., BURDA, F., *Zemědělská výroba*. Praha: SZN, 1978, 323 s.
26. KŘÍŽ, V., *Právní aspekty provozu bezpilotních letadel – dronů*, Ústav automatizace a měřicí techniky, Fakulta elektrotechniky a komunikačních technologií VUT v Brně 2016, AUTOMA 1/2016, 10-14 s.
27. KUDRNA, K., *Využití melioračních soustav: celostátní vysokoškolská učebnice pro vysoké školy zemědělské*. Praha: Státní zemědělské nakladatelství, 1987. Mechanizace, výstavba a meliorace, 397 s.
28. KULHAVÝ F., FUČÍK, P., *Adaptation Options for Land Drainage Systems Towards Sustainable Agriculture and the Environment: A Czech Perspective*, Department of Hydrology and Water Protection, Research Institute for Soil and Water Conservation, 2015, 1085-1102 s.
29. KULHAVÝ, F., KULHAVÝ, Z. *Navrhování melioračních staveb*. 1. vyd. Praha: Informační centrum ČKAIT, 2008, 432 s.
30. KULHAVÝ, F., KULHAVÝ, Z., *Navrhování hydromelioračních staveb*. Praha: Pro Českou komoru autorizovaných inženýrů a techniků činných ve výstavbě (ČKAIT) vydalo Informační centrum ČKAIT, 2008, Technická knihovna (ČKAIT). ISBN 978-80-87093-83-2, 430 s.
31. KULHAVÝ, Z., ČMELÍK M., TLAPÁKOVÁ, L., PELÍŠEK, I., ŠVIHLA, V., *Zalesňování v minulosti odvodněných zemědělských pozemků: metodika*. Pardubice: Výzkumný ústav meliorací a ochrany půdy, v.v.i., 2014, ISBN 978-80-87361-38-2, 53 s.
32. KULHAVÝ, Z., ČMELÍK, M., *Identifikace drenážních systémů a vymezení vazeb na vodní hospodářství krajiny*, Česká krajina - střecha Evropy: sborník z mezinárodní konference Krajinné inženýrství 2004 Česká krajina - střecha Evropy : 7. a 8. října 2004 Pardubice. Pardubice: Česká společnost krajinných inženýrů, 2004, ISBN 80-903258-2-3, 9 s.

- 33.** KULHAVÝ, Z., ČMELÍK, M., ŠTIBINGER, J., MACEK, ŠKRIPKO, J., *Rekonstrukce staveb odvodnění s uplatněním principu regulace drenážního odtoku: metodika: uživatelský výstup projektu TAČR evid. č. TA02020384*. Praha: VÚMOP, v.v.i., 2015, ISBN 978-80-87361-47-4, 58 s.
- 34.** KULHAVÝ, Z., SOUKUP, M., *Voda v krajině: sborník příspěvků z konference, Lednice 31.5. – 1.6. 2010*. Praha: Ministerstvo zemědělství, Celostátní síť pro venkov v nakl. Český hydrometeorologický ústav, 2010, ISBN 978-80-86690-79-7, 8 s.
- 35.** KULHAVÝ, Z., SOUKUP, M., *Zemědělské odvodnění a krajina*, 2010, 8 s.
- 36.** KVÍTEK, T.; GERGEL, J.; ONDR, P., ZÁMIŠOVÁ, K., *Zemědělské meliorace*. České Budějovice: Jihočeská univerzita, Zemědělská fakulta, 2006, ISBN 80-704-0858-8, 165 s.
- 37.** LHOTSKÝ, J., *Komplexní agromeliorační soustavy pro zhutnělé půdy: realizační výstup výzkumného úkolu P 06-329-813-04"Agromeliorace orných půd a testování jejich potřeby a účinnosti" (realizační výstup RV-06 "Zavést ověřené komplexní agromeliorační soustavy orných půd")*. Praha: Ústav vědeckotechnických informací pro zemědělství, 1991, *Metodiky pro zavádění výsledků výzkumu do zemědělské praxe*, 34 s.
- 38.** LHOTSKÝ, Jiří., *Degradace lesních půd a jejich meliorace*. Praha: Státní zemědělské nakladatelství, 1987, *Lesnictví, myslivost a vodní hospodářství*, 234 s.
- 39.** MÜLLER, A., JUSKOVÁ, K., *Možnosti využití RPAS v pozemkových úpravách*, Katedra geomatiky, Fakulta stavební, ČVUT v Praze, 2014, 4 s.
- 40.** PODHRÁZSKÁ, J., UHLÍŘOVÁ, J., NOVOTNÝ, I., STEJSKALOVÁ, D., KRÍŽKOVÁ, S., KORSUŇ, S., SPITZ, P., *Metodický návod - Návrh a hodnocení účinnosti systému komplexních opatření v pozemkových úpravách*, 67 Brno: Výzkumný ústav meliorací a ochrany půdy, v.v.i., oddělení pozemkových úprav, 2008, ISBN 978-80-904027-7-5, 96 s.
- 41.** PRYSZCZ, M., *Možnosti využití bezpilotních prostředků pro civilní účely: Practical utilization of unmanned aerial vehicles for civil use: zkrácená verze Ph.D. Thesis*. Brno: Vysoké učení technické, 2007. ISBN 978-80-214-3552-0, 24 s.
- 42.** PŘIBÍLKOVÁ, E., BEČVÁŘ, V., ŠKOPEK, V., PRUDKÝ, J., DUMBROVSKÝ, M., KAŠPÁREK, L., KNĚŽEK, M., KREJČOVÁ, K., KUDRNA, K., *Inženýrské problémy vodního hospodářství v komplexních pozemkových úpravách:*

sborník referátů z 1. odborného semináře 11. dubna 1996. Neuměřice: Centrum pro zemědělské soustavy, 74 s.

**43.** QUITT, E., *Klimatické oblasti Československa*, Academia, Studia Geographica 16, Brno: GÚ ČSAV, 1971, 73 s.

**44.** SKLENIČKA, P., *Základy krajinného plánování*. Vyd. 2. Praha: Naděžda Skleničková, 2003. ISBN 80-903206-1-9, 321 s.

**45.** SOUKUP, M., DOLEŽAL., F., ČMELÍK, M., KULHAVÝ, Z., *Zemědělské odvodnění drenáží: racionalizace využívání, údržby a oprav: uživatelský výstup projektu QF3095 Národního programu výzkumu TP3-DP6 priority 6*. Praha: Výzkumný ústav meliorací a ochrany půdy, 2007, ISBN 978-80-254-0672-4, 85 s.

**46.** SOUKUP, M., EICHLER J., SKLENIČKA, P., KULHAVÝ Z., VLČKOVÁ M., PILNÁ E., *Biotechnická opatření v krajině pro zvýšení retence vody na odvodněných pozemcích v pramenných oblastech: metodika a katalog navrhovaných opatření*. Praha: Výzkumný ústav meliorací a ochrany půdy, 2008. ISBN 978-80-904027-2-0, 82 s.

**47.** SOUKUP, M., HRÁDEK, F., *Optimální regulace povrchového odtoku z povodí*. Praha: Výzkumný ústav meliorací a ochrany půdy, 1999, 98 s.

**48.** ŠŤASTNÝ, M., *Lehká a ultralehká letadla a bezpilotní letecké prostředky v zemědělství: Legkije i ul'tralehkije samolety i bespilotnyje letatel'nyje apparaty v sel'skom chozjajstve = Light, ultralight and pilotless aircraft in agriculture : studie VTR*. Praha: Ústav vědeckotechnických informací pro zemědělství, 1990. Vědeckotechnický rozvoj v zemědělství, 24 s.

**49.** ŠTIBINGER, J., KULHAVÝ, Z., *Úpravy vodního režimu půd odvodněním: monografie: uživatelský výstup projektu 2B06022*. V Praze: ČZU, 2010, ISBN 978-80-213-2132-8, 110 s.

**50.** TLAPÁKOVÁ, L., ČMELÍK, M., ŽALOUDÍK J., KARAS, J., *Metodika identifikace drenážních systémů a stanovení jejich funkčnosti*. Pardubice: Výzkumný ústav meliorací a ochrany půdy, 2016, ISBN 978-8087361-58-0, 210 s.

**51.** TLAPÁKOVÁ, L., KULHAVÝ, Z., *Podpora efektivního managementu drenážních systémů*, Support of the effective drainage system management, Konference ČZU v Praze 26.1-27. 1. 2006, 9 s.

**52.** TLAPÁKOVÁ, L., *Transport vody, chemikálií a energie v systéme pôda - rastlina - atmosféra: 12. posterový deň s medzinárodnou účasťou a deň otvorených dverí na ÚH SAV*, 25. november 2004, Ústav Hydrológie SAV, Bratislava, Slovenská

Republika = Transport of water, chemicals and energy in the soil - crop canopy - atmosphere system : 12th international poster day and Institute of Hydrology open day, 25th November 2004, Institute of Hydrology SAS, Bratislava, Slovak Republic. Bratislava, 2004., ISBN 8089139051.

**53.** TLAPÁKOVÁ, L., ŽALOUĐÍK, J., PELÍŠEK, I., KULHAVÝ, Z., *Can Distance Methods Reveal Drainage Systems in the Landscape?*, *Životné prostredie*, 2013, 47, 3, 160 – 163 s.

**54.** TLAPÁKOVÁ, L.; BUREŠOVÁ, Z.; ČMELÍK, M.; EICHLER, J.; KULHAVÝ, Z.; ŽALOUĐÍK, J. 2004. *Využití leteckých snímků při identifikaci drenážních systémů [online]*. Výzkumný ústav meliorací a ochrany půdy Praha, pracoviště Pardubice. 2004 [cit. 2015-02-13]. URL <[http://www.hydomeliorace.cz/vumop/2004\\_5.pdf](http://www.hydomeliorace.cz/vumop/2004_5.pdf)>

**55.** TLAPÁKOVÁ, L.; KARAS, J., Identifikace drenáží metodou DPZ, se zaměřením na UAV [online]. Arcdata Praha. 2014 [cit. 2017-01-08]. URL <[http://download.arcdata.cz/konf/2014/pradnasky/prezentace/Tlapakova\\_VUMOP.pdf](http://download.arcdata.cz/konf/2014/pradnasky/prezentace/Tlapakova_VUMOP.pdf)>

**56.** TRIPICCHIO, P., SATLER, M., DABISIAS, G., RUFFALDI, E., AVIZZANO, C. A, "Towards Smart Farming and Sustainable Agriculture with Drones," *Intelligent Environments (IE)*, 2015 International Conference on, Prague, 2015, 140-143 s.

**57.** TURNER, D., LUCIEER, A., WATSON, CH., *An Automated Technique for Generating Georectified Mosaics from Ultra-High Resolution Unmanned Aerial Vehicle (UAV) Imagery, Based on Structure from Motion (SfM) Point Clouds*, *Remote Sens.*, Australia, 2012, 1392-1410 s.

**58.** UAV Types. The UAV: Unmanned Aerial Vehicle [online]. [cit. 2017-03-12]. Dostupné z: <http://www.theuav.com/>

**59.** UHLÍŘOVÁ, J., MAZÍN, V., PRAŽAN, J., KOUTNÁ, *Metodika studie širších územních vazeb ochrany půdy a vody v komplexních pozemkových úpravách*. Praha: Výzkumný ústav meliorací a ochrany půdy, 2005. ISBN 80-239-4845-8, 31 s.

**60.** VOPRAVIL, J., KULÍŘOVÁ, P., KUHLAVÝ, Z., *Povodně a sucho – krajina jako základ řešení, 3. Voda v zemědělských půdách*, *živa* 3/2015, Nakladatelství Academia, SSČ AV ČR, v. v. i., 2015, 115-119 s.



## **ZÁKONY**

Zákon o civilním letectví 49/1997 sb. § 52 Létání letadel bez pilota

ČSN 75 4200 (754200) Hydromeliorace. Úprava vodního režimu zemědělských půd odvodněním

Odvodňovací zákon 117/1884 sb, Zákon daný dne 30.6. 1884 o opatření k neškodnému svádění horských vod

## SEZNAM TABULEK

|   |    |
|---|----|
| Tab. 1: Průměr sběrných drénů.....  | 19 |
| Tab. 2: Zaměřené body pomocí GPS.....   | 37 |
| Tab. 3: Pořizované snímky pomocí bezpilotní technologie.....                                      | 37 |
| Tab. 4: Klimatická charakteristika, k. ú. Čakov u Českých Budějovic 2017.....                     | 39 |
| Tab. 5: Průměrné roční rozdělení srážek, k. ú. Čakov u Českých Budějovic 2017...                  | 40 |
| Tab. 6: Průměrné roční rozdělení teplot [měsíc, °C],<br>k. ú. Čakov u Českých Budějovic 2017..... | 40 |
| Tab. 7: Výpis toků zasahující do k. ú. Čakov u Českých Budějovic 2017.....                        | 44 |

## SEZNAM OBRÁZKŮ

|   |    |
|---|----|
| Obr. 1.: Plošné odvodnění v tis. ha.....  | 13 |
| Obr. 2: Rozdělení drenáží.....  | 21 |
| Obr. 3: Schéma fungování drenážního systému v odlišných vlhkostních<br>podmínkách ..... | 25 |
| Obr. 4: Příklad identifikovaných ploch s viditelnou drenáží.....                        | 26 |
| Obr. 5: Poloha obce Čakov u Českých Budějovic 2017.....                                 | 32 |
| Obr. 6: Situace odvodnění území „Borovka“.....  | 35 |
| Obr. 7: Ilustrační vřícovací bod.....   | 36 |
| Obr. 8: BPEJ vyskytující se v k. ú. Čakov u Českých Budějovic 2017.....                 | 41 |
| Obr. 9: Povodí IV. řádu v k. ú. Čakov u Českých Budějovic 2017.....                     | 43 |
| Obr. 10: Land use současný stav využití půdy v k. ú. Čakov u Českých Budějovic...       | 45 |
| Obr. 11: Land use z roku 1952 v k. ú. Čakov u Českých Budějovic.....                    | 46 |
| Obr. 12: Georeferencovaná situace odvodnění.....  | 49 |
| Obr. 13: Přehled řešených šachtic s výustí.....   | 51 |
| Obr. 14: Výust' svedená do Kamenného potoka „a“.....                                    | 52 |
| Obr. 15: Zamokřené místo od výusti po 1. kontrolní šachtici,.....                       | 53 |
| Obr. 16: Kontrolní šachtice č. 1 na hlavním drénu „a“.....                              | 53 |
| Obr. 17: Kontrolní šachtice č. 2 na hlavním drénu „a“.....                              | 54 |
| Obr. 18: Kontrolní šachtice č. 3 na hlavním drénu „a“.....                              | 55 |

|   |    |
|---|----|
| Obr. 19: Ochranné pásmo v k. ú. Čakov u Českých Budějovic 2017.....   | 57 |
| Obr. 20: Bika ladní ( <i>Luzula campestris</i> ).....   | 58 |
| Obr. 21: Ukázka vizualizovaného projevu odvodňovací soustavy.....   | 59 |
| Obr. 22: Vektorizované linie odvodňovací soustavy z rastru ortofota.....  | 59 |
| Obr. 23: Vektorizované linie odvodňovací soustavy z rastru ortofota a situace.....                                  | 60 |
| Obr. 24: Ukázka vizualizovaného projevu odvodňovací soustavy<br>na šikmém snímku.....                               | 61 |
| Obr. 25: Připojený snímek do systému S-JTSK pomocí vlíčovacích bodů.....  | 62 |
| Obr. 26: Připojený snímek do systému S-JTSK pomocí vlíčovacích bodů<br>a podklad situace odvodňovacího systému..... | 62 |
| Obr. 27: Snímek pořízený bezpilotní technologií.....  | 63 |
| Obr. 28: Termální snímek, únor 2017.....  | 65 |
| Obr. 29: Sněhová pokrývka na vizualizovaném odvodňovací soustavě.....   | 66 |
| Obr. 30: Tůň založená na původním drenážním systému.....  | 68 |
| Obr. 31: Příklad možnosti řešení odvodnění.....   | 70 |
| Obr. 32: Příklad řezu tůně.....   | 71 |
| Obr. 33: Příčný řez koryta .....  | 71 |

## SEZNAM GRAFŮ

|   |    |
|---|----|
| Graf 1: Land use aktuální stav, Obce Čakov u Českých Budějovic, 2017..... | 45 |
|---|----|

## PŘÍLOHY

|  |
|--|
| Příloha 1: Přehled BPEJ, k. ú. Čakov u Českých Budějovic, 2017 |
|--|

| BPEJ    | klimatický region        | Sklon                 | Expozice                            | Skeletovitost                 | Třída ochrany | Cena za m <sup>2</sup> |
|---------|--------------------------|-----------------------|-------------------------------------|-------------------------------|---------------|------------------------|
| 5.28.01 | mírně teplý, mírně vlhký | úplná rovina - rovina | se všesměrnou expozicí (0)          | slabě skeletovitá (10-25 %)   | 2.            | 9.22 Kč                |
| 5.29.01 | mírně teplý, mírně vlhký | úplná rovina - rovina | se všesměrnou expozicí (0)          | slabě skeletovitá (10-25 %)   | 2.            | 9.00 Kč                |
| 5.29.11 | mírně teplý, mírně vlhký | mírný sklon           | se všesměrnou expozicí (0)          | slabě skeletovitá (10-25 %)   | 2.            | 7.79 Kč                |
| 5.29.14 | mírně teplý, mírně vlhký | mírný sklon           | se všesměrnou expozicí (0)          | středně skeletovitá (25-50 %) | 3.            | 5.00 Kč                |
| 5.32.04 | mírně teplý, mírně vlhký | úplná rovina - rovina | se všesměrnou expozicí              | středně skeletovitá (25-50 %) | 4.            | 4.47 Kč                |
| 5.32.14 | mírně teplý, mírně vlhký | úplná rovina - rovina | se všesměrnou expozicí              | středně skeletovitá (25-50 %) | 5.            | 3.9 Kč                 |
| 5.32.54 | mírně teplý, mírně vlhký | střední sklon         | sever (severozápad až severovýchod) | středně skeletovitá (25-50 %) | 5.            | 3.23 Kč                |
| 5.37.16 | mírně teplý, mírně vlhký | mírný sklon           | se všesměrnou expozicí              | středně skeletovitá (25-50 %) | 5.            | 1.64 Kč                |
| 5.37.56 | mírně teplý, mírně vlhký | střední sklon         | sever (severozápad až severovýchod) | středně skeletovitá (25-50 %) | 5.            | 1.43 Kč                |

|         |                             |                             |                           |   |    |            |
|---------|-----------------------------|-----------------------------|---------------------------|---|----|------------|
| 5.47.00 | mírně teplý,<br>mírně vlhký | úplná<br>rovina -<br>rovina | se všesměrnou<br>expozicí | bezskeletovitá<br>,s příměsí (do<br>10%)  | 3. | 7.04<br>Kč |
| 5.47.10 | mírně teplý,<br>mírně vlhký | mírný<br>sklon              | se všesměrnou<br>expozicí | bezskeletovitá<br>,s příměsí (do<br>10 %) | 3. | 5.95 Kč    |
| 5.50.01 | mírně teplý,<br>mírně vlhký | úplná<br>rovina -<br>rovina | se všesměrnou<br>expozicí | slabě<br>skeletovitá<br>(10-25 %)         | 3. | 7.12 Kč    |
| 5.50.11 | mírně teplý,<br>mírně vlhký | mírný<br>sklon              | se všesměrnou<br>expozicí | slabě<br>skeletovitá<br>(10-25 %)         | 3. | 6.34 Kč    |
| 5.64.01 | mírně teplý,<br>mírně vlhký | úplná<br>rovina -<br>rovina | se všesměrnou<br>expozicí | slabě<br>skeletovitá<br>(10-25 %)         | 3. | 5.87 Kč    |
| 5.67.01 | mírně teplý,<br>mírně vlhký | úplná<br>rovina -<br>rovina | se všesměrnou<br>expozicí | slabě<br>skeletovitá<br>(10-25 %)         | 5. | 1.39 Kč    |
| 5.68.11 | mírně teplý,<br>mírně vlhký | mírný<br>sklon              | se všesměrnou<br>expozicí | slabě<br>skeletovitá<br>(10-25 %)         | 5. | 1.38 Kč    |
| 5.71.01 | mírně teplý,<br>mírně vlhký | úplná<br>rovina -<br>rovina | se všesměrnou<br>expozicí | slabě<br>skeletovitá<br>(10-25 %)         | 5. | 2.43 Kč    |

***Příloha 1: Přehled BPEJ, k. ú. Čakov u Českých Budějovic 2017,[Zdroj: BPEJ ekatalog, zpracování vlastní]***