

ČESKÁ ZEMĚDĚLSKÁ UNIVERZITA V PRAZE  
FAKULTA ŽIVOTNÍHO PROSTŘEDÍ

KATEDRA BIOTECHNICKÝCH ÚPRAV KRAJINY



## DIPLOMOVÁ PRÁCE

Návrh odvodnění fotbalového hřiště v obci Čechtice

Vedoucí práce: doc. Ing. Jakub Štibinger, CSc.

Diplomant: Bc. Michal Košťál

KRAJ

2017/2018

## ZADÁNÍ DIPLOMOVÉ PRÁCE

Bc. Michal Košťál

Krajinné inženýrství

Název práce

**Návrh odvodnění fotbalového hřiště v obci Čechtice**

Název anglicky

**Football Playground Drainage in the Village of Čechtice**

### Cíle práce

Cílem práce je charakteristika přírodních podmínek ve vybrané lokalitě, stanovení hydraulické vodivosti pomocí jednoválcové metody, vyhodnocení poznatků a návrh odvodňovacího systému fotbalového hřiště v obci Čechtice.

### Metodika

V rámci diplomové práce bude sepsána rešerše s velmi stručným popisem historie fotbalu a odvodňování. Důraz bude kladen na obecnou charakteristiku zájmového území, zejména popis přírodních podmínek. Bude proveden terénní experiment jednoválcové metody pro zjištění rychlosti infiltrace vody do půdy. Z naměřených dat bude stanoven koeficient nasycené hydraulické vodivosti, který bude využitý pro vlastní návrh odvodňovacího systému hřiště. V závislosti na zjištěných výsledcích bude pomocí CAD systémů vypracováno několik návrhů odvodnění. Závěrem bude diskutována efektivita navrhovaného řešení a možné další využití získané vody.

## Doporučený rozsah práce

50 stran

## Klíčová slova

drenáž, travnaté fotbalové hřiště, hydraulická vodivost, nepropustná vrstva, infiltrace

---

## Doporučené zdroje informací

ČSN 73 5910 Navrhování, výstavba a rekonstrukce travnatých hřišť uzavřeného tvaru.

Dumm L. D. 1954. New formula for determining depth and spacing of subsurface drains in irrigated lands. (Drain spacing formula). Agricultural Engineering 35, pp. 726-730.

HOLÝ, M. *Odvodňovací stavby : celost. vysokošk. učebnice pro stavební fakulty*. Praha: Alfa, 1984.

Hooghoudt S. B. 1940. Bijdragen tot de kennis van enige natuurkundige rootheden van de grond. Deel 7. Versl. Landb. Onderzoek 46 (14), B:515-B:707 (in Dutch). The Netherlands.

HORY. *Hory a nížiny. Zeměpisný lexikon ČSR*. PRAHA: ACADEMIA, 1987.

JŮVA, K. *Odvodňování půdy*. PRAHA: SZN, 1957

KUTÍLEK, M. *Vodohospodářská pedologie : Vysokošk. učebnice*. Praha: SNTL, 1978.

PORSCHKOVÁ, L. 700 let městyse Čechtice. Čechtice, 2015

VYSOKÁ ŠKOLA ZEMĚDĚLSKÁ V PRAZE, – KUKLÍK, V. – KŘOVÁK, F. *Cvičení z meliorací : Určeno pro stud. oboru fytotechnika*. Praha: MON, 1988.

---

## Předběžný termín obhajoby

2017/18 LS – FŽP

## Vedoucí práce

doc. Ing. Jakub Štibinger, CSc.

## Garantující pracoviště

Katedra biotechnických úprav krajiny

## Konzultant

doc Švihla

---

Elektronicky schváleno dne 23. 3. 2018

**prof. Ing. Petr Sklenička, CSc.**

Vedoucí katedry

---

Elektronicky schváleno dne 23. 3. 2018

**prof. RNDr. Vladimír Bejček, CSc.**

Děkan

V Praze dne 02. 04. 2018

## **Prohlášení**

Prohlašuji, že jsem tuto diplomovou práci vypracoval samostatně pod vedením doc. Ing. Jakubem Štibingerem, CSc. a že jsem uvedl všechny prameny, ze kterých jsem čerpal.

V Praze, duben 2018

.....

## **Poděkování**

Děkuji doc. Ing. Jakubu Štibingerovi, CSc. za odborné vedení při zpracovávání této diplomové práce.

## **Abstrakt**

Tato diplomová práce je věnována problematice odvodnění fotbalového hřiště v obci Čechtice. Jejím cílem je popsat a zhodnotit současný stav hřiště a navrhnout vhodný systém odvodnění.

V úvodní části se práce zabývá stručným popisem historických souvislostí, který plynule přechází v zevrubnější popis vybraného území z hlediska přírodních podmínek, zejména hydrologických, klimatických a geomorfologických.

Dále je pozornost soustředěna na zhodnocení současného stavu hřiště, provedení jednoválcové zkoušky a vyhodnocení získaných dat pro stanovení koeficientu nasycené hydraulické vodivosti.

V poslední části je zpracován návrh několika variant drenážního systému hřiště, které jsou řešeny zvláště pro ustálené i neustálené drenážní proudění. Součástí návrhu je také zařízení sloužící k zadržení a následné využití drenážní vody.

**Klíčová slova:** drenáž, hydraulická vodivost, nepropustná vrstva, infiltrace

## **Abstract**

This diploma thesis deals with the problems of a football pitch drainage in Čechtice village. The aim is to describe and evaluate the present state and suggest an applicable drainage system.

There is a brief description of a historical context which is followed by the description of chosen area from hydrological, climatic and geomorphological point of view in great details.

The attention is then focused on the evaluation of the present state of a football pitch, the realization of a single-cylinder test and the evaluation of obtained data for the determination of a coefficient of hydraulic conductivity.

Several designs of a football pitch drainage system for stabilized and unstabilized drainage flowing are presented in the last part of the thesis. The utilization of drainage water is also dealt with.

Key words: drainage, hydraulic conductivity, impervious layer, infiltration

## Obsah

Prohlášení.....	1
Poděkování.....	2
Abstrakt.....	3
Abstract.....	4
Úvod.....	1
Cíle práce.....	2
Metodika.....	2
Historie fotbalu.....	3
Odvodňování.....	4
Historie.....	4
Odvodňování v českých zemích.....	5
Odvodňování sportovišť.....	8
Obecná charakteristika a lokalizace Čechtice.....	10
Historie Čechtice.....	11
Pověst o založení Čechtice.....	12
Sokol v Čechtích.....	13
Přírodní poměry.....	17
Vodstvo.....	17
Geomorfologie.....	18
Klimatické podmínky.....	19
Geologie a pedologie.....	22
Biocenóza.....	25
Popis současného stavu fotbalového hřiště Čechtice.....	26
Terénní stanovení koeficientu nasycené hydraulické vodivosti.....	28
Vyhodnocení naměřených dat.....	29
Ustálené drenážní proudění v nasycené zóně.....	32
Stanovení vstupních parametrů ustáleného proudění.....	36
Výpočet rozchodu drénů ustáleného proudění.....	38
Neustálené drenážní proudění v nasycené zóně.....	41
Stanovení vstupních parametrů neustáleného proudění.....	44
Výpočet rozchodu drénů neustáleného proudění.....	45
Návrh drenážního systému hřiště.....	49



Soupis materiálu drenážního systému hřiště .....	54
Diskuze.....	55
Závěr .....	56
Seznam použitých zdrojů .....	58

## Úvod

Fotbal patří mezi nejznámější a nejoblíbenější týmové hry na světě. O tento sport se zajímá nespočet fanoušků, věnuje se mu velmi mnoho profesionálních, amatérských i rekreačních hráčů. Fotbal je doslova světovým fenoménem. Klade vysoké nároky na připravenost hráčů v oblasti pohybové kultury, v přesnosti ovládní míče a zvládní kolektivních akcí. Charakteristika fotbalu spočívá v tom, že dva soupeřící kolektivy bojují o jeden společný předmět – fotbalový míč – na společné hrací ploše a v těsném osobním kontaktu (Nápravník, 1987).

Zvyšující se profesionalizace sportu klade zvýšené nároky na sportovce, ale také na sportovní hřiště a stadiony. V současné době se nejedná jen o odvodnění, ale i následné využití drenážních vod pro závlahové účely.

Většina fotbalových hráčů dává přednost hře na přírodních trávnících, neboť jsou mnohem povolnější než jiné povrchy. Musí však být suché, dobře propustné a s rovným povrchem, který nabízí dobrý odskok míče.

Jednou z nejdůležitějších charakteristických vlastností fotbalových hřišť je jejich dobrá drenáž. Je tedy potřeba, aby přírodní fotbalové trávníky byly vybudovány s hracími povrchy, které budou dobře odvodněny a nebude tak ohroženo zdraví hráčů (fotbalovetravniky.cz).

## **Cíle práce**

Tato diplomová práce je věnována problematice odvodnění fotbalového hřiště v obci Čechtice. Jejím cílem je popsat a zhodnotit současný stav hřiště a navrhnout vhodný systém odvodnění.

Cílem práce je charakteristika přírodních podmínek ve vybrané lokalitě, především hydrologických, geomorfologických a klimatických.

Významnou částí je stanovení hydraulické vodivosti pomocí jednoválcové metody, vyhodnocení získaných dat a návrh odvodňovacího systému fotbalového hřiště pro ustálené i neustálené drenážní proudění.

## **Metodika**

V rámci diplomové práce je sepsána literární rešerše s velmi stručným popisem historie fotbalu a odvodňování. Důraz je kladen na obecnou charakteristiku zájmového území včetně historických souvislostí a zejména na popis přírodních podmínek.

Byl proveden terénní experiment jednoválcové metody pro zjištění rychlosti infiltrace vody do půdy. Z naměřených dat je stanoven koeficient nasycené hydraulické vodivosti, který je využitý pro vlastní návrh odvodňovacího systému hřiště.

V práci je zpracován výpočet rozchodu drénů pro ustálený režim proudění podle Hooghoudtovy rovnice a v prostředí CAD systémů vytvořen návrh drenážního systému hřiště. Dále je zpracován výpočet rozchodu drénů podle Glover-Dummovy rovnice pro neustálené proudění.

Závěrem je diskutována úvaha o možném využití drenážní vody.

## Historie fotbalu

Tento sport se v podobě, v jaké ho známe dnes, zrodil v šedesátých létech minulého století v Anglii. Historie ovšem sahá mnohem dále do minulosti.

Počátky fotbalu lze najít v pradávnych nápisech a symbolech. Nejstarším zobrazením míče je pravděpodobně jeho kresba v chrámu egyptského Karnaku, jejíž stáří je odhadováno na 4000 let. Mnohé státy světa si přivlastňují vznik fotbalu na jejich území, ale jen málo z nich má v tomto směru tak bohaté dějiny jako Mexiko. Před 3400 lety vymysleli původní indiánští obyvatelé Střední Ameriky hru, která byla spíše než hrou božským obřadem. Po celém Mexiku zbudovali mnoho hřišť k počtě bohů. Samotná hra se konala na úzkém obdélníkovém hřišti, kde proti sobě stáli válečníci vybraní pro svoji odvahu, vytrvalost a sílu (fotbal4ever.cz). Egypťané se věnovali míčovým hrám již v roce 2600 př. n. l. V Číně pak byla ve 4. a 3. století př. n. l. provozována hra s názvem su-chu. Míč byl tvořen koulí ze zvířecí kůže vyplněné vlasy nebo peřím. Řekové hráli fotbal od roku 500 př. n. l., z Řecka pak převzali míčové hry Římané, kteří je chápali jako povyražení, ale rovněž jako prostředek k utužení fyzické síly a duševní rovnováhy. Her se účastnil např. Julius Caesar (Votík, 2001).

Ze středověku pochází první písemné záznamy o kopané ve Francii, Itálii a Anglii. V posledně zmiňované zemi se kopaná hrála v ulicích měst a vesnic. Hry se účastnilo až několik set hráčů a jednalo se o boj o míč s cílem dopravit ho do některé městské brány. Při tomto počínání byl často poškozován soukromý i veřejný majetek, a proto byla hra zakazována městskými i královskými dekrety (Navara & kol., 1986).

První „oficiální“ pravidla fotbalu byla vypracována v roce 1862 jeho ctihodností rektorem Thiringem z Uppinghamské univerzity. O rok později, tedy 1863, byla založena první fotbalová organizace na světě a krátce na to vznikaly první fotbalové kluby (Žurman, 1972).

## **Odvodňování**

Odvodnění půdy představuje soubor opatření vedoucích k úpravě vodního a vzdušného režimu zamokřených lokalit. Sleduje zlepšení podmínek pro růst, popřípadě cílené pěstování vegetace a přístupnost pozemků. Způsoby odvodnění jsou voleny podle zdrojů zamokření, jeho množství a projevu (Křovák & Kuklík, 1988). Zjednodušeně řečeno, odvodnění je odvedení přebytečné povrchové a podpovrchové vody z lokality (odvodneni.cz).

## **Historie**

Odvodňování půdy je vědní disciplína, která má dlouholetou tradici a sahá do historicky nejstarších období. Nejstarší lidské kultury vznikaly v údolích velkých řek, jejichž náplavy vytvářely úrodná, ale často zaplavovaná a močálovitá území. Vývoj těchto kultur byl proto od prvopočátku provázen úsilím chránit půdu před záplavami (Jůva, 1957). Rozvoj odvodňovacích staveb byl vyvolán nutností zabezpečit větší úrodu pro stále rostoucí počet obyvatel. Tyto stavby umožnily obdělávat větší rozlohy půdy (odvodneni.cz).

Již kolem roku 4500 př. n. l. byly v Babylonské říši budovány ochranné hráze podél řek Eufrat a Tigris a močály byly vysoušeny důmyslnou sítí kanálů a příkopů. Ve druhém tisíciletí př. n. l. zde byly drény konstruovány jako svislé hliněné trouby v horní části děrované a shora opatřené otvorem, takže pohlcovaly podzemní i povrchovou vodu.

Na dokonale vyvinutém vodním a melioračním hospodářství bylo založeno rovněž zemědělství ve starém Egyptě. Velké vody Nilu, které byly bohaté na obsah živin (zákal), neodtékaly bez užitku řekou, ale byly využívány pro závlahy v přirozeně zaplavovaných územích, které byly děleny příčnými hrázemi. Do vyšších poloh byla voda přiváděna dlouhými kanály nebo byla přečerpávána soupravami vahadel s okovy.

Kolem roku 2300 př. n. l. byly zbudovány hráze ve starověké Číně, jež regulovaly veletoky Chuang-che a Jang-c`-t'iang. Také zde došlo k odvodnění močálů a zavodnění údolních krajů (Jůva, 1957).

V Evropě prováděli první meliorační práce Řekové a Římané v prvním tisíciletí př. n. l. V Řecku byla voda odváděna ze zamokřených území po vzoru Egypta nejprve otevřenými příkopy, v prvním století n. l. pak byla využívána i podpovrchová drenáž, kterou tvořily příkopy zpola zasypané kameny a štěrkem, případně větvemi, zbytek byl vyplněn zeminou (odvodneni.cz). V římské říši bylo mimo jiné započato mnoho odvodňovacích staveb, avšak mnohé zůstaly nedokončeny, neboť jejich parametry přesahovaly možnosti tehdejší techniky (Jůva, 1957).

Ve středověku se zájem o odvodňování zmenšil, bylo zahájeno odvodňování bažin podél Severního moře, jezerních a příbřežních oblastí v Nizozemsku, Japonsku a Rusku.

V průběhu 16. – 18. století nastal v Evropě velký rozvoj odvodňovacích technik. V Anglii byla vyvinuta kolem roku 1810 trubková drenáž z pálené hlíny, v Holandsku byly od roku 1830 používány betonové trouby.

Velké pokroky v oblasti odvodňování pak nastaly ve 20. století. Rozvinuly se metody hloubení a pokládky drenážního potrubí pomocí výkopových i bezvýkopových technologií, byly vyvinuty účinné drenážní filtry a vynalezeny metody k progresivním návrhům drenážních soustav. Od 60. let 20. století se začaly používat drenážní trubky z vlnitého PVC a polyetylénu (odvodneni.cz).

## **Odvodňování v českých zemích**

V českých zemích byly první technické zásahy provedené za účelem úpravy vodního režimu krajiny realizovány kolem roku 1240 řádem Německých rytířů, kdy došlo k umělému přehrazení vodoteče v jižních Čechách (Janeček a kol., 1995). Za začátek činností úředně autorizovaných kulturních stavitelů lze dle kronik označit rok 1340, kdy byli u nás pro práce a pořádek na vodách a vodních tocích ustanoveni zemští přísežní mlynáři. V této době bylo na našem území vybudováno několik rybníků a vodních kanálů (Vrba, 1917). V souvislosti s budováním rybníků je nutno zmínit tzv. rybníkáře, kteří putovali od panství k panství a pracovali výhradně na stavbách rybníčních hrází, splavů, náhonů, jezů a dalších vodních stavbách. Významným byl Josef Štěpánek z Netolic, který roku 1506 započal stavbu rozsáhlé

rybníční soustavy na Třeboňsku. Tuto soustavu dokončil v roce 1559 Jakub Krčín z Jelčan (Racek, 1930).

V polovině devatenáctého století se na území Čech začaly objevovat první meliorační stavby jako odvodnění, zavodnění (gravitační závlahy) a drobné úpravy potoků. Tyto práce prováděli na pozemcích velkostatkářů inženýři – lokaři. V této době také vycházely první meliorační publikace (Němec, 1907). Přijetím legislativních opatření koncem devatenáctého století byly položeny základy pro realizaci rozsáhlejších melioračních opatření za podpory státních či zemských orgánů a úřadů. Příznivé výsledky prvních melioračních staveb a snaha o zvýšení úrodnosti zemědělských půd vedly k zakládání účelových Vodních družstev, a tedy k organizovanému zúrodnování pozemků v rozsáhlé míře již před první světovou válkou. Právní předpisy byly po osamostatnění našeho státu v roce 1918 převzaty a upraveny v roce 1931 zákonem o Státním fondu pro vodohospodářské meliorace. V tomto období docházelo za výrazné finanční podpory státu k druhé vlně budování vodohospodářských meliorací. Třetí období, přibližně od roku 1960 do roku 1980, je spojeno s koncepcí tehdejší zemědělské politiky, která podporovala meliorace jako základní opatření při zúrodnování zemědělských půd.

Hydromeliorační opatření	Jedn.	1960	1988	2011
Odvodnění	ha	217 888	1 079 582	1 064 999
Závlahy	ha	7 092	141 249	132 401
Zemědělské vodní toky	km		34 182	
Z toho upravené	km		10 333	
v tom otevřené	km		9 685	
kryté	km		648	
Odvodňovací kanály	km		16 027	11 712
z toho otevřené	km		11 565	7 202
kryté	km		4 462	4 510
Závlahové kanály	km		590	
Čerpací stanice	ks		458	133
Vodní nádrže a rybníky	mil. m <sup>3</sup>		29,9	

Tab. č. 1: Přehled hydromelioračních opatření v České republice (Kulhavý, 2014)

Rozvoj výstavby vyvolal potřebu zřízení investorské a inženýrské organizace, která by kromě významného podílu při přípravě a stavebním dozoru při realizaci melioračních staveb zajišťovala i odbornou správu rozsáhlých majetků státu – drobných vodních toků, vodohospodářských děl s nimi spjatých, či hlavních melioračních zařízení. Z těchto důvodů byla k 1.1.1970 založena ministerstvem

zemědělství účelová organizace Státní meliorační správa (SMS). Této organizaci také byla uložena povinnost evidovat a archivovat informace a data melioračního oboru ve vlastním informačním systému. Jde o jedinečné technické podklady, které jsou nutné pro údržbu a rekonstrukce těchto staveb, v koncepčních studiích pak poskytují informaci o struktuře a potenciálu těchto vodohospodářských krajinných systémů. Od 1.1.2001 byla tato organizace transformována na Zemědělskou vodohospodářskou správu (ZVHS). Organizace disponuje hlavní částí archivovaných písemností k tématu hydromeliorací – např. pro systémy odvodnění, úpravy odtokových poměrů, projekty ochrany půdy před erozí atd. Některé podklady byly v nedávné minulosti předávány – např. nabyvatelům závlahových staveb, kteří je privatizovali. Vlastníkem některých pozemků a většiny hlavních melioračních zařízení je ČR prostřednictvím Pozemkového fondu ČR, který tzv. Příkazní smlouvou pověřil výkonem správy (péče) o hlavní meliorační zařízení (HMZ) Zemědělskou vodohospodářskou správu. Avšak podrobná odvodňovací zařízení, tzv. odvodňovací detail, je vesměs ve vlastnictví vlastníku pozemků (vumop.cz). Na základě opatření ministerstva zemědělství ČR ze dne 9.12.2011 Zemědělská vodohospodářská správa byla zrušena ke dni 30.6.2012. Veškerý majetek, práva a závazky přešly na státní podniky Povodí, státní podnik Lesy ČR a stavby hlavního melioračního zařízení pod správu Pozemkového fondu České republiky (Kulhavý, 2014).

České země patří historicky k oblastem, v nichž stavby odvodnění plnily a plní významnou úlohu při zkulturnění zemědělské krajiny. Odvodnění pozemků vytvořilo podmínky pro jejich scelení a velkovýrobní využívání, přineslo s sebou však řadu problémů. Odvodnění zemědělských pozemků, je-li dobře provedeno, zlepšuje jejich přístupnost pro obdělávání a vyrovnává a upravuje vodní režim půd. Tím má přímý a kladný vliv na efektivnost zemědělské výroby. Proto také byly odvodňovací systémy budovány.

Situace a perspektivy odvodňovacích systémů na zemědělských půdách jsou podmíněny místními poměry. Místní podmínky, dané přírodou (podnebím, sklonitostí, horninovou skladbou apod.) i společenskou situací, mohou být velmi rozmanité. Zásadní rozhodnutí činí vlastník pozemku. Ten by měl respektovat souvislosti skupiny pozemků, obsluhovaných jednou stavbou odvodnění.



Péče o stávající drenážní systémy je většinou nedostatečná. Drenáže a odvodňovací systémy však bez odpovídající údržby stárnou a vyvolávají situace, které jsou v zásadě horší, než byl stav pozemků před jejich odvodněním (drenáž.net).

## **Odvodňování sportovišť**

Existuje několik odborných publikací z oblasti odvodňování, v nichž se jejich autoři zabývají problematikou odvodňování pozemků, které jsou využívány pro konání sportovních akcí. Řeší se zejména otázka efektivity odvodnění v závislosti na čase a významu sportovní akce. V zásadě platí pravidlo, že čím rychleji je voda ze sportoviště odvedena pomocí odvodňovacího systému, tím náročnější je realizace tohoto systému zejména z hlediska nákladů na jeho výstavbu. Z tohoto hlediska jsou sportoviště kategorizována podle významu konaných sportovních událostí. Každá kategorie má definovaný čas, který je potřebný ke zpřístupnění sportovní plochy pro hráče. Tento čas představuje z hlediska neustáleného proudění (jarní tání sněhu, intenzivní srážky, ...) úsek mezi zamokřením sportovní plochy, kdy je dotace vody vyšší než množství vody vsakované, resp. odvedené, a stavem, kdy je plocha opět připravena k užívání. Liší se podle toho, v jakém státu se sportoviště nachází a jakým způsobem jsou nastavena časová kritéria jednotlivých kategorií místními sportovními svazy.

Do první kategorie jsou zařazována sportoviště určená pro konání sportovních akcí mezinárodního významu jako jsou mezinárodní zápasy, Mistrovství Evropy, Světové šampionáty a Olympijské hry. V této kategorii je čas potřebný k odvodnění plochy stanoven v intervalu 30 minut až 3 hodiny a 30 minut.

Ve druhé kategorii jsou umístěna sportoviště, která slouží k pořádání utkání první nebo druhé národní ligy a rovněž mezinárodních přátelských utkání. Zde je čas odvodnění vymezen intervalem 3 hodiny a 30 minut a 12 hodin.

V poslední, třetí kategorii se nachází sportoviště určená pro tréninkové potřeby a k rekreačnímu sportování. V této kategorii jsou nejnižší požadavky na rychlost odvodnění plochy a jedná se o rozmezí 12 až 24 hodin.

Z hlediska ustáleného drenážního proudění jsou odvodňovací systémy navrhovány za účelem udržovat konstantní přípustnou úroveň hladiny podzemní vody tak, aby nebyla příliš blízko u povrchu a tento nebyl zamokřený.

Dalším významným kritériem pro návrh vhodného odvodňovacího systému sportoviště je druh provozovaného sportu. Toto kritérium je podstatné pro dosažení odpovídající vlhkosti povrchové vrstvy sportoviště vzhledem k frekvenci užívání a tím i zatížení povrchu. Popisuje trend, který je dnes samozřejmostí, tedy vytvořit sportovní plochu tak, aby sloužila pro určitý druh sportu nebo sporty příbuzné. Tímto určením je vytvářen předpoklad, jak bude přibližně zatížený povrch sportoviště, neboť různé sporty zatěžují povrch hřiště různým způsobem. Z tohoto vyplývá, že při návrhu sportoviště je třeba uvážit složení půdního profilu, propustnost povrchu a způsob odvodnění.

Rozdělení sportovišť podle druhu provozovaných sportů je následující:

- 1) Sportoviště pro fotbal, pozemní hokej, ragby. Používané povrchy jsou travnaté nebo škvárové.
- 2) Sportoviště pro lehkou atletiku. Používané povrchy atletického oválu jsou tartan, rekorton, škvára. Uvnitř atletického oválu jsou používané travnaté, škvárové nebo pískové povrchy. Odvodňovací systémy jsou používány jednotné, tedy komplexní odvodnění oválu i plochy uvnitř.
- 3) Sportoviště pro tenis. Tenisové areály jsou zpravidla tvořeny jedním centrálním dvorcem s největší zátěží a několika vedlejšími dvorci se zátěží o cca 15 – 20 % nižší oproti centrálnímu dvorci. Povrchy dvorců jsou zpravidla antukové, betonové, asfaltové, travnaté nebo umělé.
- 4) Sportoviště pro košíkovou, odbíjenou a házenou. Používané povrchy jsou pískové, antukové, škvárové nebo umělé. V těchto sportovních areálech je zpravidla více sportovních ploch s rovnoměrným zatížením, a proto se volí jednotný odvodňovací systém.
- 5) Sportoviště pro větší počet sportovců, masovou tělovýchovu. Používané povrchy jsou travnaté, pískové, z udusané hlíny. Povrch bývá rovnoměrně zatížený.

Z výše uvedeného rozdělení sportovišť lze odvodit také rozdělení povrchů sportovišť (Holý, 1984):

- a) Přírodní travnaté plochy
- b) Pískové a škvárové plochy. Tyto plochy jsou v současné době využívány jen minimálně a jsou zpravidla nahrazovány umělými povrchy.

c) Antukové plochy

## Obecná charakteristika a lokalizace Čechtice

Čechtice jsou městysem ve Středočeském kraji na Benešovsku ležící přibližně 14 km jihovýchodně od města Vlašim (mestys-cechtice.cz). Jižní část jejich katastru tvoří hranici okresů Benešov a Pelhřimov (wikipedie.org, A). Přesná zeměpisná poloha je udávána souřadnicemi 49° 38' 0" North, 15° 3' 0" East (Porschková, 2015). Čechtice jsou s přibližně 1450 obyvateli (údaj z roku 2011) největší obcí mikroregionu, patří k nim 14 osad (mestys-cechtice.cz). Sídlí zde Mikroregion Želivka, který byl založen v roce 1999 a jedná se o sdružení 17 obcí vytvořené ve snaze spojit své síly k dosažení oživení turistiky a zlepšení kvality života místních obyvatel (zelivka.cz).



Obr. č. 1: Poloha Čechtice (mapy.cz, A)

## Historie Čechtice

Čechtice jsou poprvé připomínány v roce 1318, kdy byly majetkem vladyků z Čechtice. Již roku 1404 byly uváděny jako městečko, dnes jsou městysem. Z roku 1438 je doložena tvrz, jež stávala v jihozápadní části Čechtice za kostelem, dodnes je zachován jen nevelký pahorek s náznakem valu (místo dnes označováno názvem „V Hradu“).

Barokní zámek dali vybudovat mezi roky 1656 – 58 páni z Halleweilu. Ten byl v roce 1924 zakoupen obcí a využit jako měšťanská škola. Nyní slouží jako školicí zařízení s ubytováním.

Původně gotický farní kostel svatého Jakuba ze 14. století byl později zbarokizován. Poblíž kostela se nachází patrová barokní hranolová zvonice a smírčí kříž s kolem a zaniklým nápisem. Pamětní deska na zvonici připomíná události ze dne 8. 5. 1945, kdy ustupující příslušníci zbraní SS zastřelili 5 zdejších mužů pro údajnou spolupráci s partyzány. Za kostelem se nachází barokní fara a na náměstí barokní kašna z 18. století, která byla zrekonstruována roku 2015.



*Obr. č. 2: Historický snímek čechtického náměstí. V čele se nachází kašna, v pozadí zvonice a kostel svatého Jakuba (fotografický archiv místní pamětnice Milady Košťálové)*

Radnice pochází z roku 1606 a do dnešní podoby byla upravena v průběhu 19. století. Některé historické domy na náměstí mají barokní jádro, ale během 19. – 20. století byly značně přestavěny. Od poloviny 19. století do počátku 20. století existovala v Čechticích židovská náboženská obec, nezanechala však významnější památky (Edice klubu českých turistů, 2012)

## **Pověst o založení Čechtíc**

Nedaleko za Čechticemi, mezi silnicí vedoucí do Vlašimi a na Jeníkov se říkalo Na Starém místě. Ještě praprarodiče nejstarších obyvatel Čechtíc vyprávěly, že na těch místech pamatují rozvaliny, údajné základy dávných stavení. Stávala tam prý kdysi vesnička, dokonce snad předchůdce Čechtíc. Zničil ji požár, nebo nájezdy vojsk? Či snad vyhnalo osadníky sucho a neúroda? Stejně dohady panují kolem pomístního názvu U Dvorců nebo V Dvorcích. Asi dva kilometry za Čechticemi směrem na Jeníkov prý u potůčku (dnes zvaného Luční) pod lesem stávaly chalupy.

K oběma místům se váže stará pověst, zaznamenaná v jedné z kronik, v Pamětní knize městečka Čechtice. Vysvětluje velmi naivně původ názvu městečka (Fialová, 1993).

*„Kde se nyní říká Na Starém místě, tam dlužno hledati počátek Čechtíc. Na tom místě bydlili zeman jménem Čech. Kde se nyní říká Ve Dvorcích, tam se usadil Němec zvaný Titze. Tito dva, když potřebovali ku vzdělání polí a ke své obraně více lidí, dovolili jim stavěti příbytky vedle svého obydlí, a tak povstala časem osada pojmenovaná dle obou zakladatelů Čech a Titze, Čechtice.“*

*Citováno z Kroniky Čechtíc*

## Sokol v Čechticích

Založení Sokola bylo významným krokem k rozvoji sportů, ale i kultury v Čechticích. Dne 5. července roku 1913 jej založil starosta křivsoudovské Jednoty, bratr Sedlák. Výbor byl složen z deseti členů. Nácvič nejprve probíhal v nedalekém chrastovickém dvoře dvakrát týdně, poté byl přesunut na náměstí do hostince U Zlaté Prahy.



*Obr. č. 3: Budova hostince U Zlaté Prahy, pohled od západu (místopisy.cz)*

První veřejné cvičení jednoty se konalo k prvnímu výročí založení Sokola, dne 5. července roku 1914, ve dvoře hostince U Marešů (v současné době již neexistuje) v Čechticích. Týden před vypuknutím první světové války pak cvičenci čechtického sokola cvičili na setkání Podblanické župy ve Vlašimi a na slavnosti položení základního kamene k vlašimské sokolovně.

V roce 1916 pak místní Sokol přerušil činnost a z obav konfiskace odevzdal finance na obecní úřad. Po 28. říjnu roku 1918 spolek svou činnost opět zahájil a odevzdané finance mu byly navraceny zpět. Záhy poté, v roce 1919, bylo uspořádáno druhé veřejné cvičení konané opět U Marešů, které mělo velký úspěch. Později bylo uspořádáno ještě jedno veřejné vystoupení.

Sokol takto získal finance a začal pomýšlet na stavbu vlastní tělocvičny, nebo spíše multifunkčního domu, kde by bylo možné pořádat také plesy a jiné podniky. V Čechticích však tehdy nebylo možné najít vhodné místo pro stavbu. Nakonec byl v roce 1920 Sokolu nabídnut dům na náměstí. Sokol ale neměl dostatek finančních prostředků na koupi domu, a tak chybějící peníze darovali místní občané.

Činnost Sokola byla sice přerušena oběma světovými válkami, ale po nich byla vždy opět obnovena. Pod hlavičkou Sokola vystupovali místní fotbalisté i další sportovci, ale také ochotníci a Sokol zašitoval i místní kino (Porschková, 2015).

V roce 1923 byla vydána pozemková reforma, díky které získal Sokol od prezidia SPU přidělovou listinu pro přidělení 1 ha zahrady z bývalého velkostatku za účelem vybudování letního cvičiště, popřípadě stavbu nové budovy.

Po druhé světové válce začal Sokol upravovat a rozšiřovat hřiště, když odkoupil část sousední zahrady a část pozemku od Výkupního zemědělského podniku

Mezi lety 1968 a 1990 Sokol úspěšně rozvíjel svou činnost. Kromě pravidelných cvičení mužů a žen konaných především v zimním období pořádal cvičení aerobiku a jednou týdně se scházeli ke cvičení rodiče s dětmi.

V jarních měsících ožívalo venkovní fotbalové hřiště. Bohužel čechtičtí fotbalisté hráli jen ve 3. třídě okresní soutěže. Mnohem lepších výsledků dosahovali v kopané žáci a dorostenci.



*Obr. č. 4: Fotbalový zápas v Čechtích, srpen 1977 (fotografický archiv místní pamětnice Milady Košťálové)*

V zimě přicházel na řadu hokej. Od roku 1970 se Sokol stal spoluorganizátorem Memoriálu obětí fašismu v přespolním běhu a od roku 1975 také Memoriálu bratří Lapáčeků v kopané. Od roku 1988 se k těmto sportovním každoročním akcím přidal ještě cyklistický závod Strnadova třicítka pořádaný v Růžkových Lhoticích.

Členové Sokola se starali o úpravu hřiště, výstavbu nových šaten, opravu zdi kolem hřiště a pečovali o běžnou údržbu sokolovny. Kromě toho se zúčastňovali vyhlášených dobrovolných akcí v obci (Fialová, 1993).

Sokolská jednota v Čechtích vlastní dva domy a je aktivní i v současné době. Má 99 členů (z toho 82 dětí). Kromě fotbalu a výše zmíněných každoročních akcí je součástí tělovýchovné jednoty sport pro všechny, který sdružuje cvičení rodičů s dětmi, cvičení žáků, žen a volejbal pro dospělé. Žáci se mimo jiné zúčastňují soutěží v lehké atletice a orientačním běhu, mnohdy na celorepublikové úrovni.

Čechtické mužské fotbalové družstvo A hraje 3. třídu okresu Benešov, což je devátá nejvyšší fotbalová liga v České republice a je řízena Okresním fotbalovým svazem Benešov (wikipedie.org, B). B tým hraje 4. třídu okresu Benešov, tedy



desátou nejvyšší fotbalovou soutěž v České republice, řízenou rovněž Okresním fotbalovým svazem Benešov (wikipedie, B).

Vedle mužského fotbalu, který má v Čechtích již dlouholetou tradici, vzniklo roku 2009 také ženské fotbalové družstvo DFC Panterky Čechtice (panterkycechtice.cz). Ženský tým hraje soutěž s názvem „Holčiny cup“. Jedná se o neoficiální soutěž založenou na jaře roku 2012. V současné době je tvořena 9 týmy (sokol-lecice.cz).



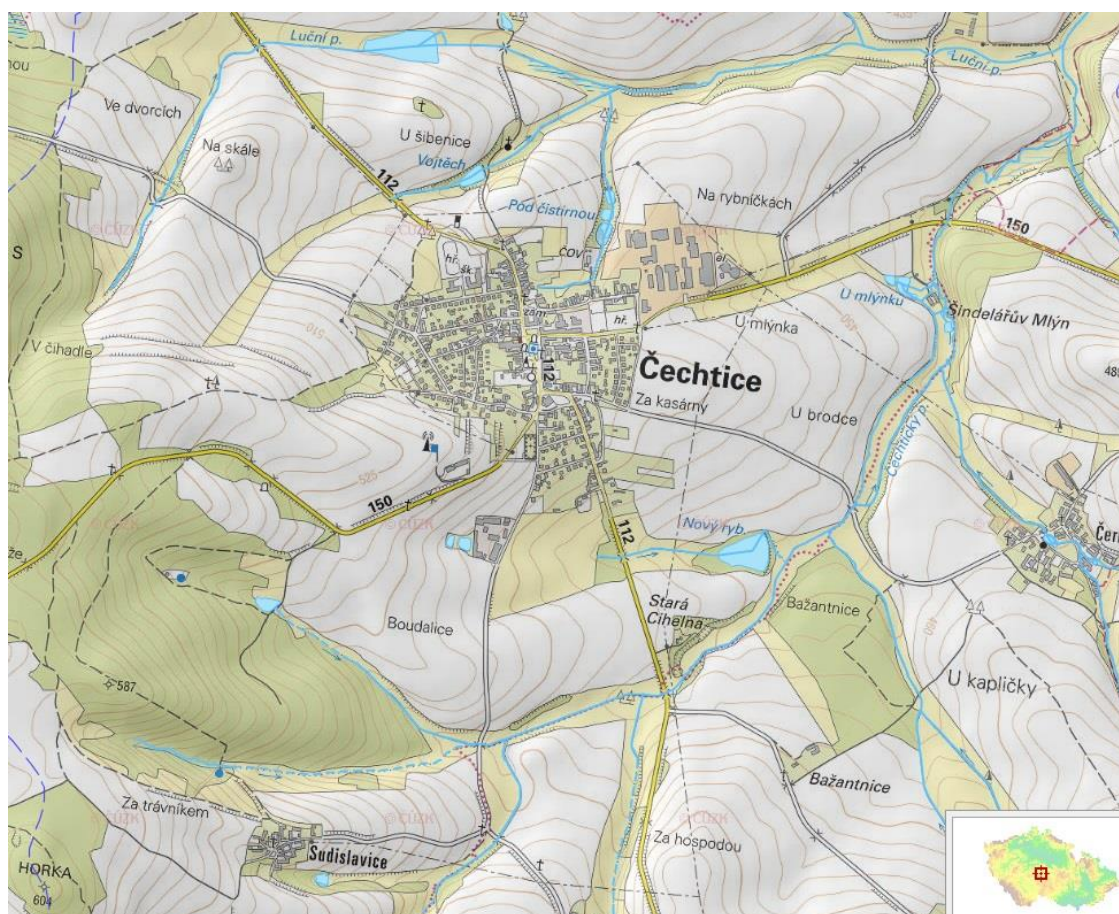
*Obr. č. 5: DFC Panterky Čechtice (foto Pavel Suk)*

# Přírodní poměry

## Vodstvo

V okolí Čechtice se nenalézá žádná řeka. Potoky jsou však obklopeny ze všech stran. Pod Jizbickým kopcem, v místě zvaném V Čihadle, pramení Luční potok, který vytéká ze studní a teče víceméně regulovaným korytem směrem pod šibenici, kde sytí vodou nově vybudovaný rybník pod šibeničním vrchem.

Nedaleko benzínové pumpy u hlavní komunikace na Vlašim pramení další, tentokrát bezejmenný potok, který vtéká do vodní nádrže Vojtěch. Nedaleko od rybníka pod kapličkou svatého Vojtěcha se nachází další pro obec významný pramen, bohužel příliš neudržovaný, který posiluje tok předchozího potoka.



Obr. č. 6: Vodní toky a plochy v okolí Čechtice (geoportal.gov.cz, A)

Od jihu k východu ohraničuje Čechtice Čechtický potok, který pramení nedaleko Sudislavic v místě zvaném V Cehtinách a teče pod čechtickým rybníkem u Bažantnice přes Šindelářův mlýn směrem ke Chrastovicím, kde se do něj vlévá Luční potok.

Nový rybník je napájen malým potokem, pramenícím v polích u jižního okraje obce u hlavní komunikace směrem na Pelhřimov.

Čechtické vodní toky lemují mokřiny, kde rostou olše, vrby, břízy a další vodomilné dřeviny a byliny. Z ptačí perspektivy tvoří tato druhově bohatá stanoviště zřetelná zelená vlákna protínající zemědělsky využívané plochy (Porschková, 2015).

## **Geomorfologie**

Městys Čechtice se z geomorfologického hlediska nachází v okrsku Čechtická pahorkatina, podcelku Želivská pahorkatina, celku Křemešnická vrchovina, oblasti Českomoravská vrchovina, subprovincii Českomoravská soustava, provincii Česká vysočina a Hercynském systému (geoportal.gov.cz, B). Nejvyššími body v jeho katastrálním území jsou Zhoř s výškou 626 m. n. m., Horky s výškou 604 m. n. m. a Jizbický kopec s výškou 600 m. n. m. Náměstí Čechtice leží ve výšce 478 m. n. m.

Česká vysočina je geomorfologickou provincií zabírající celé Čechy a větší část Moravy a Slezska. Kromě ČR přesahuje i na území Německa, Rakouska a okrajově i Polska. Jedná se o geologicky stará, erozí ohlazená horstva, jejíž nejvyšší partie tvoří přirozenou hranici ČR. Nejvyšším bodem je Sněžka (1 602 m) (geomorfologie.cz, A).

Českomoravská soustava je geomorfologická subprovincie rozkládající se v jihovýchodních Čechách, jihovýchodní části středních Čech, jihozápadní Moravě a okrajově přesahující do severního Rakouska. Zahrnuje geologicky velmi staré pahorkatiny a vrchoviny, z nichž nejvyšší je Českomoravská vrchovina s nejvyšším vrcholem Javořicí (837 m) (geomorfologie.cz, B).

Českomoravská vrchovina je rozsáhlá jen mírně zvlněná pahorkatina a zároveň geomorfologická oblast rozkládající se po obou stranách zemské českomoravské hranice a malou částí přesahující do Rakouska.

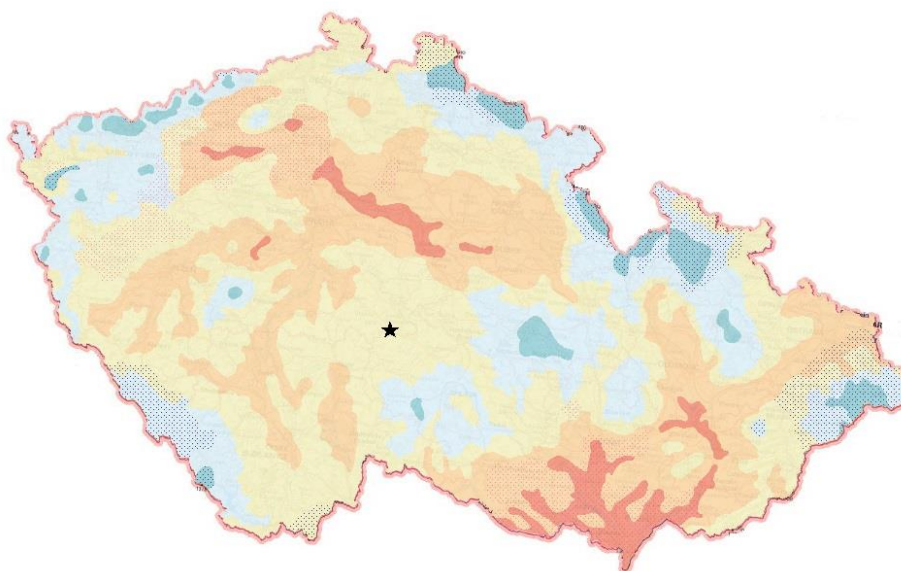
Nejvyšším vrcholem je Javořice (837 m), hydrologicky náleží tato oblast do povodí Labe a Dunaje, tedy prochází jí hlavní evropské rozvodí (geomorfologie.cz, C).

Křemešnická vrchovina je geomorfologický celek nacházející se v jihozápadní části Českomoravské vrchoviny. Nejvyšším bodem je Křemešník (765 m). Celková plocha tohoto celku činí 2 634 km<sup>2</sup>, střední nadmořská výška je 551,5 m. Tento celek náleží do povodí Želivky (geomorfologie.cz, D).

Čechtická pahorkatina je okrskem v severozápadní části Želivské pahorkatiny. Jedná se o pahorkatinu s plochým georeliéfem skloněným od jihozápadu k severovýchodu. Celková plocha činí 209,81 km<sup>2</sup>. Pahorkatina je tvořená rulami s polohami křemenců, nad plochý povrch vyčnívají křemencové suky. Údolí pravých přítoků Želivky jsou na horních tocích rozevřená, ale postupně se zařezávají a vytvářejí neckovitá údolí se zaklesnutými meandry. Nejvyšším bodem jsou Nažice s nadmořskou výškou 623,7 m. Středem okrsku prochází dálnice D1 Praha – Brno. Zajímavostí této oblasti je panelové město Dolní Kralovice, které bylo postaveno náhradou za historické Dolní Kralovice zatopené údolní nádrží Švihov (Demek & Mackovčín, 2006).

## **Klimatické podmínky**

Z hlediska klimatických podmínek je oblast Čechticka zařazena do mírně teplého regionu.



*Obr. č. 7: Klimatické oblasti ČR (geoportal.gov.cz, C)*

Mírně teplou oblast je možné podrobněji rozdělit na několik podoblastí, z nichž se 4 nachází v čechtickém katastrálním území (Nováková a kol., 1991). Jejich podrobná charakteristika je uvedena v tabulce č. 2:

	MÍRNĚ TEPLÁ OBLAST			
	MT 5	MT 7	MT9	MT 10
Počet letních dnů	30 - 40	30 - 40	40 - 50	40 - 50
Počet dnů s průměrnou teplotou 10 °C a více	140 - 160	140 - 160	140 - 160	140 - 160
Počet mrazových dnů	130 - 140	110 - 130	110 - 130	110 - 130
Počet ledových dnů	40 - 50	40 - 50	30 - 40	30 - 40
Průměrná teplota v lednu ve °C	-4 až -5	-2 až -3	-3 až -4	-2 až -3
Průměrná teplota v červenci ve °C	16 - 17	16 - 17	17 - 18	17 - 18
Průměrná teplota v dubnu ve °C	6 - 7	6 - 7	6 - 7	7 - 8
Průměrná teplota v říjnu ve °C	6 - 7	7 - 8	7 - 8	7 - 8
Průměrný počet dnů se srážkami 1 mm a více	100 - 120	100 - 120	100 - 120	100 - 120
Srážkový úhrn ve vegetačním období v mm	350 - 450	400 - 450	400 - 450	400 - 450
Srážkový úhrn v zimním období v mm	250 - 300	250 - 300	250 - 300	200 - 250
Počet dnů se sněhovou pokrývkou	60 - 100	60 - 80	60 - 80	50 - 60
Počet dnů zamračených	120 - 150	120 - 150	120 - 150	120 - 150
Počet dnů jasných	50 - 60	40 - 50	40 - 50	40 - 50

Tab. č. 2: Podrobná charakteristika čechtického klimatu (Nováková a kol., 1991)

Klimatické oblasti vycházejí z porovnání v letech 1961 – 2000 a zároveň došlo k jejich porovnání za roky 1901 – 1950. Za stěžejní kritérium pro vymezení 5 základních klimatických oblastí byla vybrána délka ročního období podle počtu dnů s charakteristickými teplotami. Pro letní období byl počet letních dnů, pro délku zimního období pak počet ledových dnů. Celkově bylo vymezeno 5 základních klimatických oblastí (velmi chladná, chladná, mírně teplá, teplá a velmi teplá). Dalším doplňujícím údajem byla průměrná teplota jednotlivých ročních období, která nebyla rozhodující pro zařazení do určité klimatické oblasti. Základní klimatické oblasti byly podrobněji členěny podle srážkových úhrnů v letním a zimním období. Tak byly vymezeny podoblasti na chudé (v létě < 200 mm) nebo na srážky bohaté (v letním půlroce úhrn > 600 mm). Vyčleněné klimatické oblasti a podoblasti podle teplotních a srážkových charakteristik byly dále korigovány podle hypsometrie terénu (geoportal.gov.cz., D).

V následující tabulce č. 3 jsou uvedeny roční úhrny srážek a průměrné roční teploty ve Středočeském kraji a Kraji Vysočina, neboť Čechtice se nacházejí na rozhraní těchto dvou krajů.

	Středočeský kraj	Vysočina	Středočeský kraj	Vysočina
Dlouhodobý průměr	587	673	8.78	7.62
Rok	Úhrn srážek [mm]		Průměrná teplota [°C]	
2017	605	642	9.3	8.3
2016	535	551	9.4	8.3
2015	459	552	10.2	9.1
2014	587	660	10.1	9.0
2013	712	692	8.6	7.7
2012	615	646	9.1	8.0
2011	585	578	9.3	8.2
2010	752	843	7.9	6.8
2009	596	791	9.2	8.0
2008	531	577	9.5	8.5
2007	599	718	9.8	8.6
2006	589	723	9.0	7.8
2005	591	727	8.5	7.3
2004	555	682	8.6	7.3
2003	400	527	9.0	7.9
2002	794	834	9.4	8.3
2001	735	773	8.5	7.3
2000	558	674	9.8	8.7
1999	493	620	9.1	7.8
1998	574	639	8.9	7.7
1997	560	721	8.3	7.1
1996	606	661	6.9	5.8
1995	707	761	8.6	7.4
1994	563	595	9.6	8.5
1993	629	639	8.3	7.1
1992	533	560	9.4	8.1
1991	496	583	7.9	6.6
1990	453	536	9.2	7.8
1989	505	554	9.1	7.9
1988	651	646	8.8	7.4
1987	687	778	7.3	6.2
1986	604	709	8.0	6.7
1985	578	723	7.2	5.9
1984	548	613	7.7	6.5
1983	557	557	8.8	7.8
1982	434	559	8.5	7.3
1981	792	726	8.1	7.1

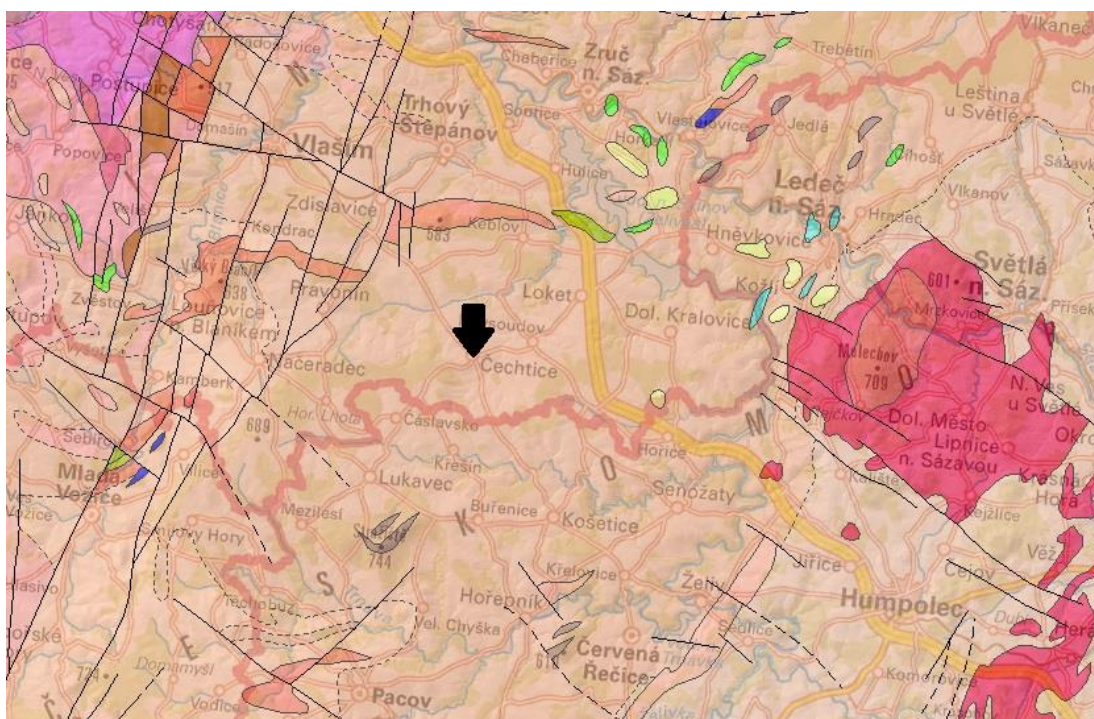
Tab. č. 3: Srážkový úhrn a průměrné roční teploty v letech 1981 – 2017 ve Středočeském kraji a Kraji Vysočina (čhmú.cz, A, B)

Na základě dlouhodobých průměrů z tabulky č. 3 byl vypočten Langův dešťový faktor L, který je počítán jako poměr ročních srážek a průměrné roční teploty. Tento faktor byl spočítán pro Středočeský kraj  $L = 66,8$  a pro Kraj Vysočina  $L = 88,4$ . Podle tohoto faktoru je klima oblasti Čechtice klasifikováno jako humidní (60 – 160), což je území, kde srážky převládají nad vsakem a výparem (příroda.cz).

## Geologie a pedologie

Čechtice a okolí jsou tvořeny biotitickými a sillimanit – biotitickými pararulami z období prekambria a paleozoika. Tyto horniny vznikly přeměnou jílovitých až drobových sedimentů s výrazně drobovým charakterem zejména u pararul s vyšším obsahem křemene. Distribuce stopových prvků, především distribuce prvků vzácných zemin, Sr, Ti, Sc a Ni naznačují, že zdrojovými horninami původních sedimentů byly kyselé alkalicko – vápenaté magmatické horniny.

Biotitické a sillimanit – biotitické pararuly této části moldanubika jsou drobně až středně zrnité, místy výrazně břidličnaté horniny. Jsou obvykle žlutohnědé, tmavě šedé až šedočerné a s přibývajícím množstvím křemene přecházejí do světle šedých kvarcitických rul.



Obr. č. 8: Geologické poměry lokality (geoportal.gov.cz, E)

Pararuly obsahují křemen, plagioklas, K – živec, biotit, sillimanit, vzácně muskovit a granát. Podíl K – živce se pohybuje mezi 0 – 20 % a jeho množství výrazně stoupá v pararulách a v migmatizovaných pararulách v plášti moldanubického batolitu. V těchto varietách se začíná rovněž objevovat cordierit, jehož množství obvykle nepřesahuje 10 %. Akcesorie jsou zastoupené zirkonem, rutilem, apatitem, monazitem, turmalinem a někdy i granátem. Vzácně byl zjištěn v biotitických pararulách staurolit.

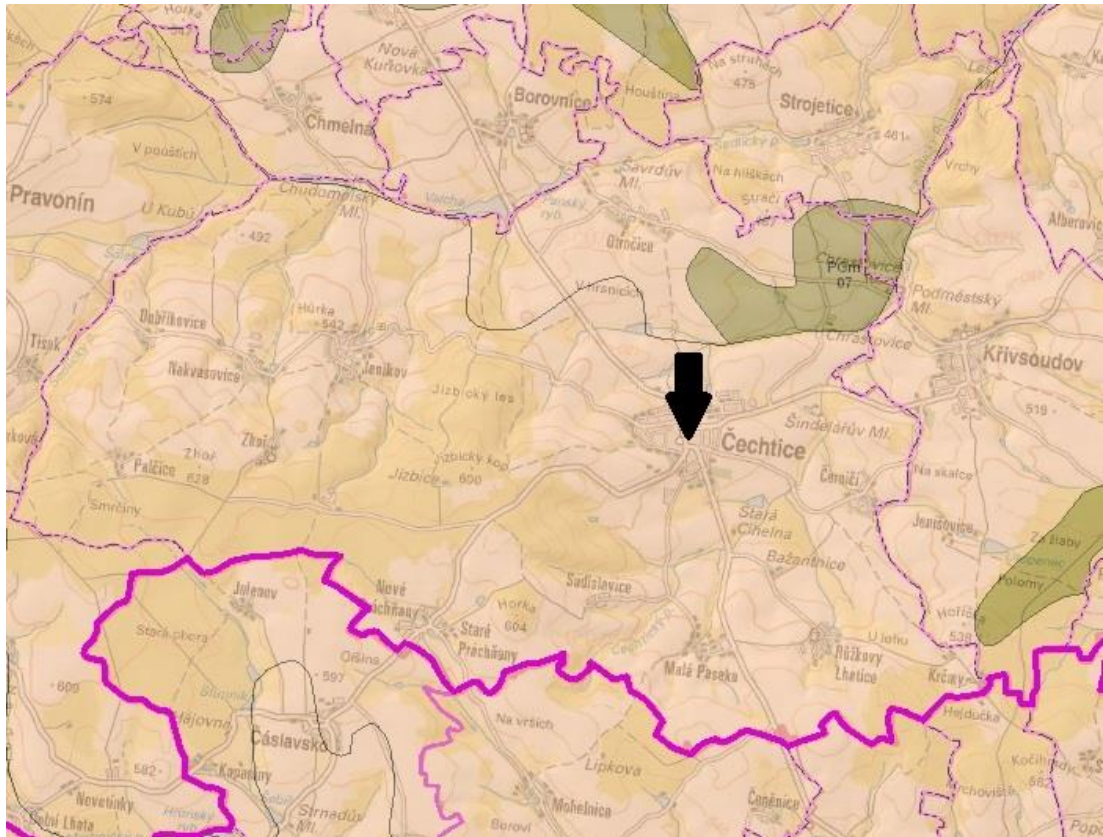
Plagioklas obvykle mírně převládá nad K – živcem. Jeho množství se nejčastěji pohybuje mezi 15 – 25 %. Jeho bazicita odpovídá oligoklasu až andesinu. Plagioklas je někdy zonární, s bazičtějším jádrem a kyselejším okrajem.

Biotit je v pararulách obvykle v množství 20 – 25 %, místy je chloritizovaný. Je výrazně pleochroický, světle žlutohnědý podle X, tmavě hnědý až červenohnědý podle Y a Z.

Sillimanit tvoří jednotlivé drobné jehličky a spolu s křemenem nepravidelné okrouhlé shluky, které mohou dosáhnout velikosti až 2 cm. Granát tvoří až 0,5 – 0,7 mm velké nepravidelné porfyroblasty (René, 2001).

Z pedologického hlediska je oblast Čechtice tvořena kyselou kambizemí. Tyto půdy se vytvářejí především ve svažitých podmínkách pahorkatin, vrchovin a hornatin, v menší míře (sypké substráty) v rovinném reliéfu.





Obr. č. 9: Pedologické poměry lokality ([geoportal.gov.cz](http://geoportal.gov.cz), F)

Vznik těchto půd z tak pestrého spektra substrátů podmiňuje jejich velkou rozmanitost z hlediska trofismu, zrnitosti a skeletovitosti, při uplatnění více či méně výrazného profilového zvrstvení zrnitosti, skeletovitosti, jakož i chemických (biogenní prvky, stopové potenciálně rizikové prvky) a fyzikálních vlastností (ulehlost bazálního souvrství, ovlivňující laterální pohyb vody v krajině). V hlavním souvrství dochází obecně k posunu zrnitostního složení do střední kategorie v relaci k bazálnímu souvrství, k čemuž přispívá i jejich obohacení prachem.

Kambizemě se dále vyskytují v širokém rozmezí klimatických a vegetačních podmínek. Vyznačují se mesickým až frigidním teplotním a udickým až perudickým hydrickým režimem. Výskyt půd v takto širokém rozmezí klimatických a vegetačních podmínek určuje difference v akumulaci humusu a jeho kvalitě, ve vyluhování půdního profilu, zvětrávání, braunifikaci, v interakci s vlastnostmi substrátů.

Podle specifických substrátových, klimatických a vegetačních podmínek nalézáme u kambizemí veškeré formy nadložního humusu (pedologie.czu.cz, A).

Severovýchodně od Čechtice, mezi obcemi Strojetic a Křivsoudov se vyskytuje pseudoglej modální. Pseudogleje vznikají z pedogenně či litogenně zvrstvených, popřípadě nepropustných substrátů. Nalézáme je v rovinatých částech reliéfu humidnějších oblastí. Jedná se o půdy s udickým až periodicky akvickým vodním režimem (pedologie.czu.cz, B).

## **Biocenóza**

Čechtická pahorkatina se nachází ve třetím a čtvrtém vegetačním stupni. Oba tyto stupně jsou charakteristické převládáním zemědělsko – lesní krajiny (Demek & Mackovčín, 2006).

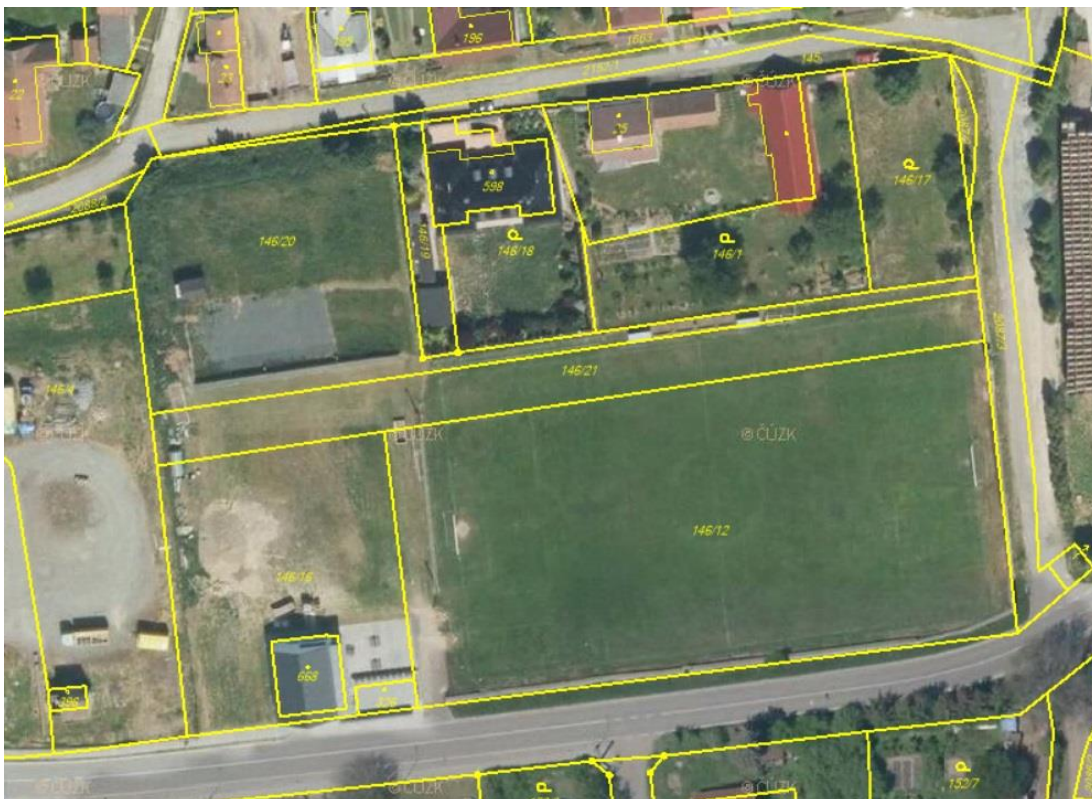
U třetího vegetačního stupně (dubobukový) tvoří přibližně polovinu jeho plochy orná půda, na které převažuje pěstování obilovin, louky a pastviny tvoří přibližně 10 %, zastoupení lesů je podprůměrné, necelých 30 % (is.muni.cz, A).

Čtvrtý, bukový, vegetační stupeň je charakteristický střídáním převážně jehličnatých lesů, polí, luk a pastvin často se zachovanou soustavou liniových společenstev. Podíl orné půdy tvoří necelých 36 % a převažuje bramborářský výrobní typ. Naopak roste zastoupení luk a pastvin na 17 %. Podíl lesů 37 % je mírně nad celostátním průměrem (is.muni.cz, B).

Čechtická pahorkatina je zalesněna z 25 %, přičemž dominují smrkové porosty s borovicí a modřínem. Lokálně se vyskytují olšiny, na skalách nad údolní nádrží Želivka přirozené bory s příměsí dubu (Demek, 1987).

## Popis současného stavu fotbalového hřiště Čechtice

Současný povrch fotbalového hřiště tvoří přírodní trávník. Povrch hřiště má rozměry 100 m x 60 m a rozkládá se na třech parcelách katastru nemovitostí, které všechny patří spolku TJ Sokol Čechtice.



Obr. č. 10: Ortofoto řešené lokality (cuzk.cz)

V současné době není hřiště vybaveno žádným drenážním systémem. Na povrchu se lokálně vyskytují drobné deprese, ve kterých může docházet při intenzivnější srážkové činnosti ke stagnaci srážkových vod, což by mohlo vést k nežádoucímu zamokření a rozbředání trávniku.

Při terénní rekognoscaci nebyla objevena žádná místa, která by byla nějakým způsobem negativně ovlivněna stagnující vodou. Rovněž při osobní konzultaci s vedoucím místního mužského A – týmu, působícím také ve funkci starosty obce, mi byly předány poznatky, že na hřišti problém se stagnující vodou nemají, pouze v případě krátkodobých dešťů se silnou intenzitou se na hřišti v terénních depresích tvoří louže, z nichž ale voda po ustání srážky poměrně rychle infiltruje do půdy (řádově cca 15 minut) a hřiště je připraveno k provozu. Rychlá infiltrace vody je

způsobena navezenými dobře propustnými hlinitopísčnými půdami, kterými byl původní povrch vyrovnán.



*Obr. č. 11: Stav hřiště březem 2018, pohled od jihozápadu (vlastní foto)*



*Obr. č. 12: Stav hřiště březem 2018, pohled od severozápadu (vlastní foto)*

Nicméně z důvodu zmírnění zdravotních rizik hráčů, zajištění příznivějšího mikroklimatu lokality, zmírnění negativních jevů v hydrologicky nepříznivých obdobích (přívalové srážky, dlouhodobé srážky, jarní tání sněhu) a také s ohledem

k předpokládanému zhoršování hydrofyzikálních vlastností půdního povrchu hřiště v dlouhodobějším časovém horizontu, jsem se rozhodl vypracovat návrh drenážního systému.

## **Terénní stanovení koeficientu nasycené hydraulické vodivosti**

Za účelem vypracování návrhu odvodňovacího systému hřiště bylo potřeba stanovit propustnost půdního prostředí, resp. koeficient hydraulické nasycené vodivosti  $K$ .

Infiltrační rychlost se měří v terénu infiltračním pokusem, kdy se voda vsakuje v infiltrometrech s různým půdorysem, obvykle jsou to soustředné válce (Kutílek, 1978). K měření rychlosti infiltrace vody do půdy se používají jednoválcové a dvouválcové infiltrometry. Pro měření v terénu jsou obecně více preferovány a používány dvouválcové infiltrometry (Kovaříček, 2007). V opačném případě je navrhováno použití jednoho válce o značném průměru (Klute, 1986).

Pro experiment byla použita jednoválcová metoda, neboť v prostředí hřiště není v blízkosti povrchu přítomna nepropustná vrstva, která by negativně ovlivňovala vertikální infiltraci.

Pomocí této metody je možné provádět stanovení koeficientu hydraulické nasycené vodivosti  $K$  v pórovitém půdním prostředí bez přítomnosti hladiny podzemní vody a stanovení infiltračních schopností pórovitého půdního prostředí.

Princip pokusu je založen na měření kumulativní infiltrace (množství zasáklé vody) ve válci osazeném do půdního prostředí.

Vnitřní povrch válce o průměru 150 mm byl opatřen narýsovanou stupnicí. Rozestup mezi jednotlivými stupni byl 1 cm. Povrch půdy, na kterém byl prováděn experiment, byl očištěn tak, aby nedošlo k porušení přirozeného stavu povrchu. Válec byl zaveden přibližně 10 cm pod povrch půdy zatlukáním pomocí gumové palice (Kamenčíková, 2009). Následně do něj byla nalita voda (5 cm vodního sloupce). Vodní sloupec by neměl být příliš vysoký, neboť by infiltrace mohla být ovlivněna působením tlaku vody. Poté byly zapisovány časy, během kterých došlo k poklesu hladiny vody ve válci o 1 cm. Po tomto poklesu byla do válce přidávána

voda na původní úroveň hladiny. Tento postup byl opakován, dokud se čas potřebný k poklesu hladiny o 1 cm neustálil. V následující tabulce č. 4 jsou uvedena data z charakteristického měření.

Čas t [s]	Výška i [m]
8	0.01
16	0.02
28	0.03
39	0.04
42	0.05
63	0.06
102	0.07
113	0.08
152	0.09
265	0.10
331	0.11

Tab. č. 4: Kumulativní infiltrace

## Vyhodnocení naměřených dat

Výpočet koeficientu nasycené hydraulické vodivosti  $K$  [ $\text{m}\cdot\text{s}^{-1}$ ] bylo provedeno podle zjednodušeného tvaru Philipovy infiltrační rovnice:

$$i = S\cdot t^{1/2} + A\cdot t \quad (1)$$

kde

$i$  = [m] ... kumulativní infiltrace

$S$  = [ $\text{m}\cdot\text{s}^{-1/2}$ ] ... sorptivita

$A$  = [ $\text{m}\cdot\text{s}^{-1}$ ] ... součinitel s rozměrem rychlosti, jenž charakterizuje vliv působení gravitace a je velmi blízký hodnotě hydraulické nasycené vodivosti  $K$

Philipovo odvození vychází z řešení Richardsovy parciální diferenciální parabolické rovnice nestacionárního proudění vody v pórovité nenasycené zóně s Dirichletovou okrajovou podmínkou. Richardsova rovnice je odvozena z Darcy – Buckinghamova zákona dosazeného do rovnice kontinuity (Štibinger, 2011).

Philipova rovnice (1) byla dále podělena časem  $t$ . Tímto krokem dostáváme tvar:

$$\frac{i}{t} = S \cdot \frac{1}{\sqrt{t}} + A \quad (2)$$

Následně byla v rovnici (2) provedena dvojí substituce:

$$Y = \frac{i}{t} \quad (3)$$

$$X = \frac{1}{\sqrt{t}} \quad (4)$$

Po dosazení hodnot  $i$  a  $t$  z tabulky č. 3 do rovnic (3) a (4) získáme následující hodnoty:

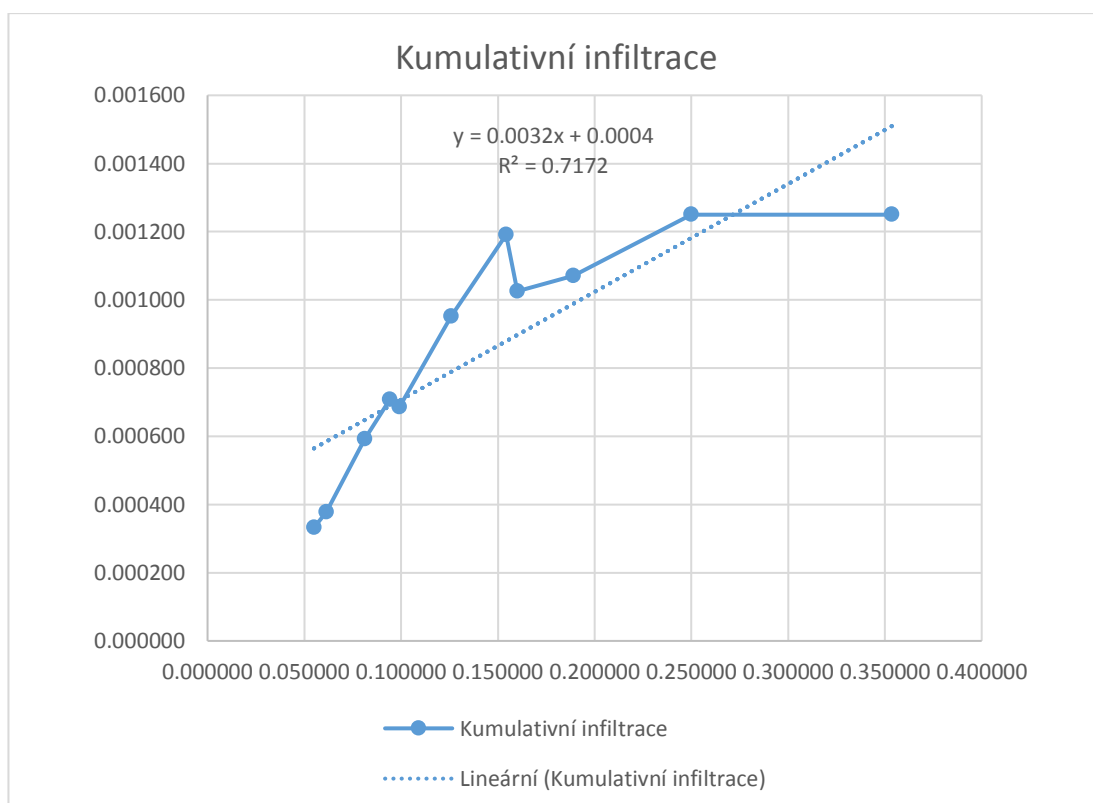
$X=1/t^{0.5}$	$Y=i/t$
0.353553	0.001250
0.250000	0.001250
0.188982	0.001071
0.160128	0.001026
0.154303	0.001190
0.125988	0.000952
0.099015	0.000686
0.094072	0.000708
0.081111	0.000592
0.061430	0.000377
0.054965	0.000332

Tab. č. 5: Hodnoty  $X$  a  $Y$

Po dosazení X a Y do rovnice (2) má tato tvar:

$$Y = S \cdot X + A \quad (5)$$

Z hodnot v tabulce č. 5 byl vytvořen v programu MS Excel graf:



Obr. č. 13: Graf kumulativní infiltrace

Grafem z obrázku č. 13 byla proložena spojnice trendu, jejíž řídicí rovnice vychází z rovnice (5) a má po dosazení konkrétních hodnot a zaokrouhlení tvar:

$$Y = 0,0032 \cdot X + 0,0004 \quad (6)$$

kde

$$S = 0,0032 \text{ [m} \cdot \text{s}^{-1/2}\text{]}$$

$$A = 0,0004 \text{ [m} \cdot \text{s}^{-1}\text{]} \text{ (přesněji } 3,91 \cdot 10^{-4}\text{)}$$

Koeficient korelace byl spočítán  $R = 0,85$ . Jak již bylo výše zmíněno, součinitel A v podstatě odpovídá koeficientu nasycené hydraulické vodivosti K, tedy

$$K = 3,91 \cdot 10^{-4} \text{ [m} \cdot \text{s}^{-1}\text{]}.$$



Dle normy ČSN 73 5910 zabývající se navrhováním výstavbou a rekonstrukcí travnatých hřišť by hodnota koeficientu nasycené hydraulické vodivosti  $K$  neměla klesnout pod  $8,7 \cdot 10^{-6} \text{ m} \cdot \text{s}^{-1}$ , tedy z hlediska normy je parametr  $K$  v pořádku.

## **Ustálené drenážní proudění v nasycené zóně**

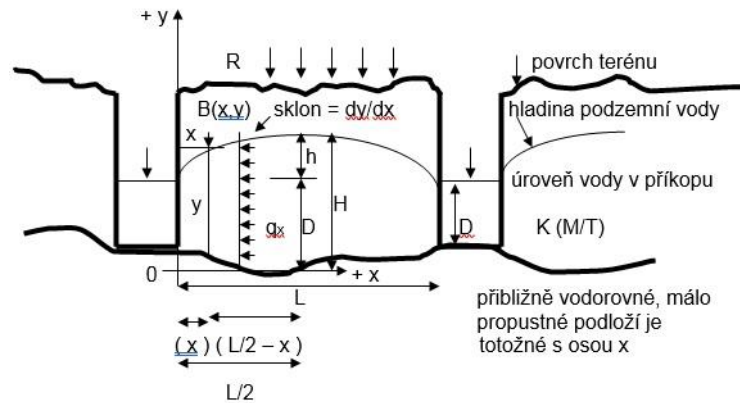
Vlivem permanentních déle trvajících srážek může být v podmínkách podzemního trubkového drenážního systému na hřišti s travnatým povrchem vyvoláno ustálené drenážní proudění.

V následujícím textu je popisována geneze Hooghoudtovy rovnice (Hooghoudt, 1940) se zavedením ekvivalentní, vodorovné nepropustné vrstvy, odvozené v nasyceném pórovitém prostředí v podmínkách ustáleného drenážního proudění.

Hooghoudtova teorie aplikace ekvivalentní, vodorovné nepropustné vrstvy má při řešení úprav vodního režimu v krajině pomocí podzemních, horizontálně uložených drénů své opodstatnění. Je často využívána jak v podmínkách ustáleného, tak také neustáleného drenážního proudění.

V podmínkách ustáleného drenážního proudění, v nasyceném pórovitém prostředí, za předpokladu platnosti Darcyho zákona (Darcy, 1856, Mls, 1984) a Dupuit-Forchheimerovy teorie (Dupuit, 1863, Forchheimer, 1930), definoval S. B. Hooghoudt (1940) ekvivalentní (imaginární) vodorovnou nepropustnou vrstvu, situovanou pod úrovní drénů a nad skutečným reálným málo propustným podložím, s cílem uplatnit horizontální proudění vody k drénům.

Předpokládejme systém otevřených drenážních příkopů o rozchodu  $L$  [M], se svislými stěnami a se dnem umístěným na vodorovné málo propustné vrstvě, nebo v těsné blízkosti nad ní (viz obr. č. 14).



Obr. č. 14: Schéma nasyceného ustáleného proudění podzemní vody k otevřeným drenážním příkopům uložených na nepropustné vrstvě

Nechť je dán dvourozměrný ortogonální (kartézský) souřadnicový systém  $x$ ,  $y$  se svislou osou  $y$  totožnou se stěnou drenážního příkopu, kladnou směrem vzhůru a osou  $x$ , totožnou s přibližně horizontální, velmi málo propustnou vrstvou, kladnou směrem vpravo od počátku soustavy (viz obr. č. 14).

Nad málo propustným podložím je dáno pórovité půdní (horninové) homogenní izotropní prostředí s jedinou hodnotou nasycené hydraulické vodivosti  $K$  [ $M \cdot T^{-1}$ ]. Maximální výška zvodnělé vrstvy nad nepropustným podložím  $H$  [M] je uprostřed sousedních příkopů (tj. ve vzdálenosti  $L/2$  [M] od stěny příkopu), výška vody v příkopu (od nepropustného podloží) je  $D$  [M], symbol  $M$ , resp. symbol  $T$  reprezentuje délkovou, resp. časovou jednotku.

V tomto prostředí, tj. nad vodorovným, velmi málo propustným podložím, uvažujeme horizontální jednorozměrné ustálené (stacionární) proudění vody směrem k drenážním příkopům, tvar hladiny podzemní vody při proudění je symetrický podle roviny procházející uprostřed sousedních drenážních příkopů kolmé k ose  $x$ . Dotace (infiltrace) do hladiny podzemní vody reprezentovaná hodnotou  $R$  [ $M \cdot T^{-1}$ ] je konstantní a působí ve svislém směru dolů, tj. v záporném směru osy  $y$  (viz obr. č. 14).

Na hladině podzemní vody definujeme bod  $B(x,y)$  ve vodorovné vzdálenosti  $x$  od svislé stěny drénu ( $x$ -ová souřadnice) s výškou  $y$  nad málo propustným podložím ( $y$ -ová souřadnice).

Jednotkové horizontální jednorozměrné ustálené proudění vody  $q_x$  [ $M^2.T^{-1}$ ] z bodu B (x,y) směrem k drenážnímu příkopu (viz obr. č. 14) je možné vyjádřit rovnicí (7):

$$q_x = -K.y \frac{dy}{dx} \quad (7)$$

Záporné znaménko signalizuje, že proudění probíhá proti kladnému směru osy x. Na základě principu kontinuity platí vztah:

$$-K.y \frac{dy}{dx} = -R\left(\frac{L}{2} - x\right) \quad (8)$$

kde pravá strana rovnice (8) reprezentuje množství vody na jednotku plochy kontinuálně dodávané (infiltrované do hladiny podzemní vody) do bodu B (x,y). Záporné znaménko signalizuje, že dotace (infiltrace) probíhá směrem dolů, tedy proti kladnému směru osy y.

Rovnice (8) je obyčejná diferenciální rovnice, kterou lze upravit do tvaru

$$K.ydy = R\left(\frac{L}{2} - x\right)dx \quad (9)$$

s okrajovými podmínkami  $x = 0, y = D$  a  $x = L/2, y = H$ . Po integraci rovnice (9) a dalších úpravách obdržíme:

$$R = \frac{4K(H^2 - D^2)}{L^2} \quad (10)$$

Rovnice (10), která byla odvozena r. 1936 Hooghoudtem je také známa jako Donnanova rovnice (Donnan, 1946).

Vzhledem k tomu, že v podmínkách ustáleného proudění platí  $R = q$ , kde  $q$  představuje drenážní odtok, je možné po úpravě a s využitím výrazů ( $R = q$ ) a ( $H = D + h$ ), rovnicí (10) transformovat do tvaru:

$$L^2 = \frac{8KDh + 4Kh^2}{q} \quad (11)$$

V případě, že hloubka vody  $D$  [M] v otevřeném drenážním příkopu bude velmi malá ( $D \approx 0$ ) rovnice (11) přejde do vztahu  $L^2 = \frac{4Kh^2}{q}$ , který popisuje proudění podzemní vody nad drény.

Naopak v případě, že úroveň nepropustné podložní vrstvy bude ve velké vzdálenosti od hladiny vody v drenážním příkopu ( $D \gg h$ ), lze předpokládat, že výraz  $4Kh^2$  bude zanedbatelný a rovnice (11) přejde do výrazu  $L^2 = \frac{8K Dh}{q}$ , který popisuje proudění podzemní vody pod úrovní drénů.

Pro případ, že drenážní potrubí nebo otevřený drenážní příkop nejsou uloženy na velmi málo propustné vrstvě nebo těsně nad ní, zavádí Hooghoudt (1940) za účelem splnění podmínek převládajícího horizontálního proudění podzemní vody k drénům následující předpoklady:

- 1) definuje ekvivalentní (imaginární) vodorovnou nepropustnou vrstvu nad skutečným velmi málo propustným podložím, jenž snižuje mocnost zvodnělé vrstvy pod drény, kterou proudí podzemní voda směrem k drénům
- 2) nahrazuje trubkové horizontálně uložené drény otevřenými fiktivními drenážními příkopy uložené dnem na ekvivalentní (imaginární) vodorovné nepropustné vrstvě, výška vody v příkopu je taková, aby množství vody přitékající do drenážních příkopů bylo stejné jako množství vody přitékající do skutečných trubkových drénů

V těchto podmínkách je pak stále možné používat rovnici typu (11), jednoduše se nahradí hodnota  $D$  [M] mocnosti skutečné nepropustné vrstvy pod drény hodnotou  $d$  [M], která zde představuje mocnost ekvivalentní „Hooghoudtovy“ vodorovné nepropustné vrstvy pod trubkovými drény.

$$L^2 = \frac{8Kdh + 4Kh^2}{q} \quad (12)$$

Z výše uvedeného teoretického základu některých vybraných pohybových rovnic, z poznatků a metod z něj vyplývajících je možné konstatovat, že analýza pohybu vody k drénům je jedním ze základních předpokladů pro úspěšné řešení

problematiky úprav vodního režimu pomocí podzemních, horizontálně uložených drenážních systémů.

## **Stanovení vstupních parametrů ustáleného proudění**

Pro výpočet rozchodu drénů pro ustálené nasycené proudění podzemní vody podle Hooghoudtovy rovnice (12) byl použit online kalkulačtor z webových stránek hydromeliorace.cz.

Do online kalkulačtoru je potřeba pro výpočet rozchodu drénů vyplnit několik vstupních parametrů.

Hodnota nasycené hydraulické vodivosti  $K$  zjištěna pomocí terénního experimentu byla převedena na jednotky  $[m \cdot d^{-1}]$ .

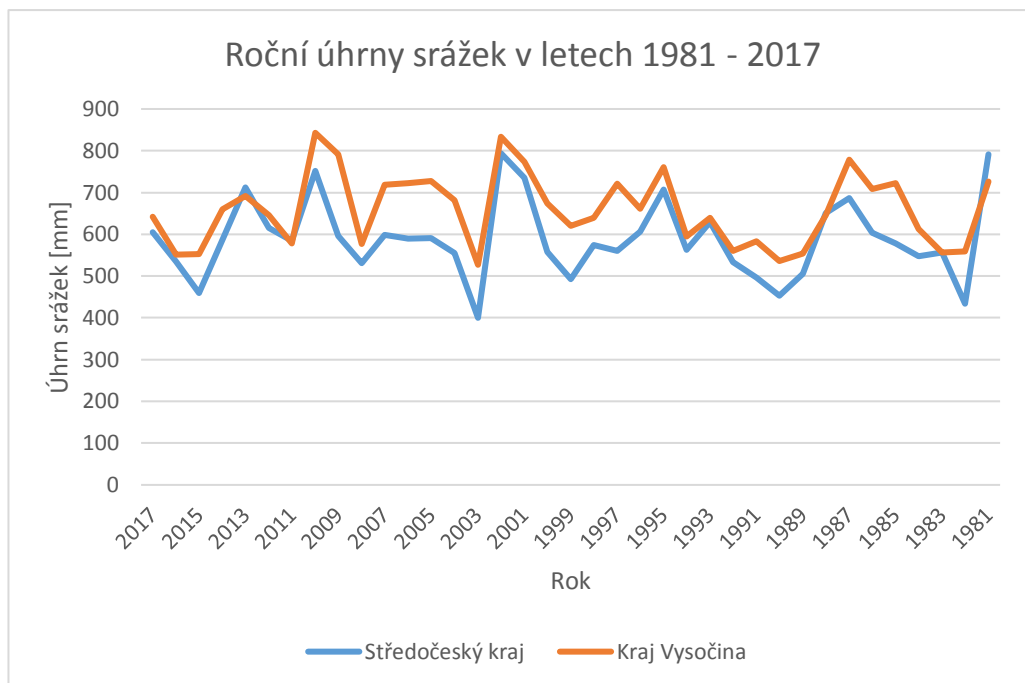
Mocnost zvodnělé vrstvy (NEP), neboli hloubka uložení nepropustné vrstvy v  $[m]$  měřená od povrchu terénu, byla stanovena 1 m, neboť při budování hřiště došlo z důvodu vyrovnaní nerovností původního povrchu a zajištění kvalitních podmínek pro růst přírodního trávníku k navezení zeminy, při kterém byl terén v několika hlubokých terénních depresích údajně zvýšen téměř o 1 m. Jedná se o odhad, neboť přesná hloubka nepropustné vrstvy není známa a v tomto případě je pro výpočet vhodnější uvažovat menší hloubku než větší.

Hloubka uložení drénů ( $h_d$ ) byla navržena 90 cm pod úrovní terénu.

Poloměr světlosti drénů ( $r_0$ ) byl navržen 4 cm. S ohledem na možné zanášení drénů je vhodné volit tyto vyšší poloměry.

Přípustná úroveň hladiny podzemní vody ( $h_{MAX}$ ) byla stanovena 60 cm pod úrovní terénu.

Parametr  $q$  je roven přítoku vody  $R$ , který byl stanoven na  $5 \text{ mm} \cdot d^{-1}$ . Tato hodnota je odvozena z historických ročních srážkových úhrnů z let 1981 – 2017 přepočtená na denní úhrny. Jelikož se hřiště nachází prakticky na hranici Středočeského kraje a Kraje Vysočina, porovnával jsem srážky těchto dvou krajů:



Obr. č. 15: Graf ročních úhrnů srážek ve Středočeském kraji a Kraji Vysočina (čhmú.cz, B)

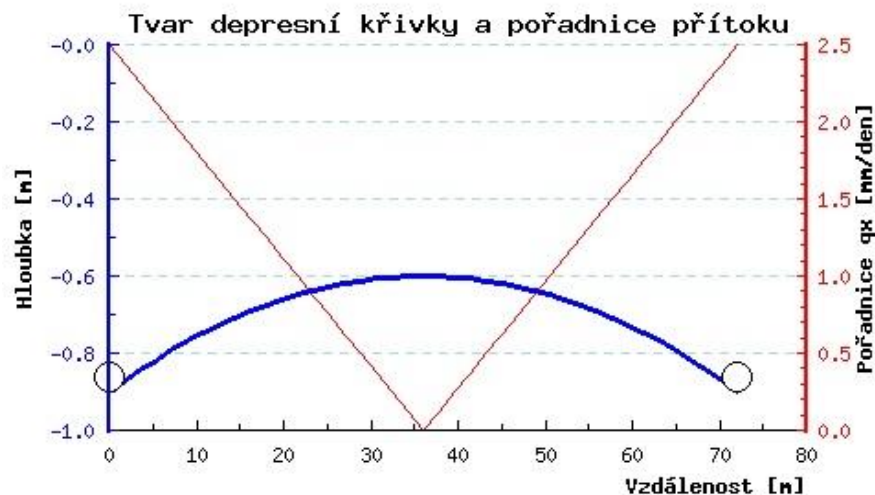
Z výše uvedeného grafu (viz obr. č. 15) je patrné, že systematicky vyšší srážky jsou v Kraji Vysočina. Nejvyšší srážky ve sledovaném období byly v roce 2010, kdy roční úhrn srážek činil 843 mm. Tuto hodnotu jsem přepočítal na denní srážky, které byly 2,31 mm. Pro dostatečné zabezpečení kvalitní funkce drenážního systému jsem uvažoval faktor bezpečnosti  $F = 2$ , tedy výsledek jsem přibližně zdvojnásobil, čímž by měly být pokryty extrémní podmínky.

## Výpočet rozchodu drénů ustáleného proudění

Po zadání výše popsaných parametrů do online kalkulátoru ustáleného nasyceného proudění podzemní vody byl vypočten rozchod drénů  $L = 72,07$  m.

Vstupní data:		
Půda	$K$ - hydraulická vodivost	33.78 m.d <sup>-1</sup>
	$NEP$ - mocnost zvodnělé vrstvy	1.00 m
Drenážní systém	$h_d$ - hloubka uložení drénů	-0.90 m
	$r_o$ - poloměr světlosti drénu viz $Pozn_2$	0.04 m
Zemědělské kritérium	$h_{MAX}$ - přípustná úroveň HPV	-0.60 m
Přítok vody	$q$	5.00 mm.d <sup>-1</sup>
Odvozená data, kontrola zadání:		
Půda	$D$ - mocnost nepropustné vrstvy	0.10 m
	$d$ - mocnost ekvivalentní nepropustné vrstvy	0.17 m
Voda	$h$ - výška hladiny nad úrovní drénů	0.30 m
Výstup:		
rozchod drénů $L =$		72.07 m
<a href="#">Zobrazení závislosti <math>Q - L</math></a> (výpočet cca 20 sec.)		


Obr. č. 16: Vstupní a výstupní data online kalkulátoru ustáleného drenážního proudění (hydromeliorace.cz, A)



Obr. č. 17: Graf znázornění tvaru depresní křivky (hydromeliorace.cz, A)

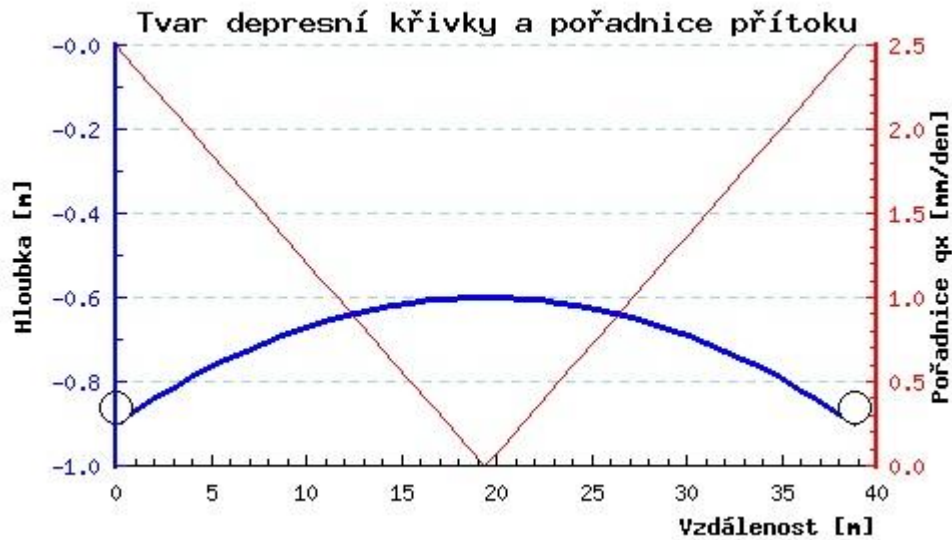
S ohledem na déle trvající provoz hřiště lze předpokládat, že postupem času dojde vlivem provozu hřiště ke zhutňování půdního povrchu, což se negativně projeví na hydraulické vodivosti.

Uvažujme trojnásobné snížení koeficientu nasycené hydraulické vodivosti  $K$ , tedy z  $33,78 \text{ m.d}^{-1}$  na  $11,26 \text{ m.d}^{-1}$ . Ostatní vstupní parametry ponecháme totožné s předchozí situací. V takovém případě by byl rozchod drénů vypočten  $L = 38.79 \text{ m}$  a výpočet by měl následující parametry:

Vstupní data:		
Půda	$K$ - hydraulická vodivost	<input type="text" value="11.26"/> $\text{m.d}^{-1}$
	$NEP$ - mocnost zvodnělé vrstvy	<input type="text" value="1.00"/> m
Drenážní systém	$h_d$ - hloubka uložení drénů	<input type="text" value="-0.90"/> m
	$r_o$ - poloměr světlosti drénu viz Pozn <sub>2</sub>	<input type="text" value="0.04"/> m
Zemědělské kritérium	$h_{MAX}$ - přípustná úroveň HPV	<input type="text" value="-0.60"/> m
Přítok vody	$q$	<input type="text" value="5.00"/> $\text{mm.d}^{-1}$
Odvozená data, kontrola zadání:		
Půda	$D$ - mocnost nepropustné vrstvy	0.10 m
	$d$ - mocnost ekvivalentní nepropustné vrstvy	0.13 m
Voda	$h$ - výška hladiny nad úrovní drénů	0.30 m
Výstup:		
rozchod drénů $L =$		<b>38.79 m</b>
<a href="#">Zobrazení závislosti <math>Q - L</math></a> (výpočet cca 20 sec.)		

Obr. č. 18: Vstupní a výstupní data online kalkulátoru ustáleného drenážního proudění pro dlouhodobý provoz hřiště (hydromeliorace.cz, A)





Obr. č. 19: Graf znázornění tvaru depresní křivky (hydromeliorace.cz, A)

V severozápadním rohu fotbalového hřiště je navržena podzemní nádrž, do které bude voda ze hřiště drenážním systémem přivedena. Tato nádrž je navržena s tvarem kvádrů (rozměry 5 m x 6 m, výška 1,5 m) a objemem 30 m<sup>3</sup>. Zde bude zadržována drenážní voda, která bude využívána v suchých obdobích pro závlahu hřiště. Kapacita zásobní nádrže odpovídá závlahové dávce 5 mm srážky na celou plochu hřiště. Ve srážkově bohatých obdobích bude přebytečná voda z nádrže odváděna přepadem do kanalizační stoky v ulici Podzámecká severně od hřiště.

Na následujícím obrázku č. 20 je zobrazena situace s navrženým schématem drenážního systému. Pro současné půdní podmínky ( $K = 33,78 \text{ m.d}^{-1}$ ) jsou plně dostačující krajní sběrné drény s rozchodem 72,07 m. Pro případ, kdy bylo uvažováno trojnásobné snížení koeficientu nasycené hydraulické vodivosti ( $K = 11,26 \text{ m.d}^{-1}$ ) vlivem dlouhodobého provozu hřiště, by byl dodatečně přidán prostřední sběrný drén a rozchod drénů by se tak upravil na 36 m.



Obr. č. 20: Schéma drenážního systému hřiště pro ustálené drenážní proudění  
(mapy.cz, B, Autocad 2017)

## Neustálené drenážní proudění v nasycené zóně

Všude tam, kde je efektivní přítok do hladiny podzemní vody nad drenážním systémem proměnný, což nastává ve skutečnosti v drtivé většině všech případů, se jedná o neustálené neboli nestacionární drenážní proudění v nasycené zóně.

V podmínkách neustáleného drenážního proudění v pórovitém nasyceném půdním prostředí se v čase  $t$  mění úroveň i tvar hladiny podzemní vody a také hodnoty drenážního odtoku, na rozdíl od ustáleného drenážního proudění, kde úroveň, tvar hladiny podzemní vody a hodnoty drenážního odtoku jsou v průběhu drenážního procesu konstantní.

Vždy po dotaci vody do půdního prostředí dochází ke vzestupu úrovně hladiny podzemní vody. Drenážní systém následně zajistí, aby za určitou požadovanou dobu byla „přebytečná“ voda z prostředí odvedena a nedocházelo tak k nežádoucímu zamokřování.

Taková situace může nastat po dešťových srážkách s vysokou intenzitou, popřípadě při jarním tání sněhu, kdy může být v zájmové lokalitě extrémně zvýšená úroveň hladiny podzemní vody. Vhodně navržený drenážní systém zajistí snížení této nežádoucí úrovně hladiny podzemní vody za určitý požadovaný čas  $t$ .

Teorie neustáleného drenážního proudění v nasyceném půdním prostředí je založena na následujících zjednodušujících předpokladech:

- 1) Darcyho zákon (Darcy, 1856, Kutílek a Nielsen, 1994) platí i pro neustálené proudění a je vyjádřen Dupuitovou aproximací
- 2) platí Dupuitovy postuláty (Dupuit, 1863, Mls, 1984), tj. při relativně malých sklonech volné hladiny jsou proudnice vodorovné a ekvipotenciály svislé, gradient potenciálu volné hladiny je určen jejím sklonem, s hloubkou pod hladinou se nemění
- 3) Hooghoudtova transformace pro genezi „ekvivalentní“ nepropustné vrstvy platí i v podmínkách neustáleného drenážního proudění
- 4) efektivní drenážní pórovitost  $P_d$  je v oblasti proudění konstantní, nad hladinou podzemní vody je konstantní vlhkost
- 5) bude-li existovat proudění nad hladinou podzemní vody, pak jeho rychlost má vertikální směr a je funkcí pouze času

Dále se předpokládá, jak již bylo řečeno v úvodu, že v podmínkách neustáleného drenážního proudění v pórovitém nasyceném půdním prostředí se v čase  $t$  mění tvar i úroveň hladiny podzemní vody a také hodnoty drenážního odtoku. Nasycená hydraulická vodivost  $K$  a efektivní drenážní pórovitost  $P_d$  zůstávají konstantní.

Přímé určování základních návrhových parametrů podzemních, horizontálně uložených drenážních systémů s cílem úpravy vodního režimu a zpětné objektivní vyhodnocení jejich účinků na vodní režim v podmínkách neustálených (nestacionárních) drenážních procesů v pórovitém nasyceném půdním prostředí je založeno na analytickém řešení Boussinesquovy rovnice.

V literatuře zabývající se problematikou drenážních procesů, je uvedena rovnice (12), která je známá jako rovnice Glover-Dumma, podle autorů (Dumm, 1954, Glover, 1954), kteří se velkou měrou podíleli na jejím řešení a kteří toto řešení dále rozvíjeli.

$$B \frac{\partial^2 h(x,t)}{\partial x^2} = Pd \frac{\partial h(x,t)}{\partial t} \quad (12)$$

Tato rovnice (12) vychází z výše zmíněné Boussinesquovy rovnice.

Pomocí dalších úprav získáme předpis pro přímé stanovení rozchodu drénů  $L$  [M] ve tvaru:

$$L = \left[ \frac{\pi^2 KHt}{Pd \ln 1,16 \frac{h_0}{h(t)}} \right]^{0,5} \quad (13)$$

Vztah (13) se nazývá rovnice Glover-Dumma a je velmi často používána pro výpočet rozchodu drenážních systémů  $L$  [M] v podmínkách neustáleného drenážního proudění. Parametr  $H$  [M] lze zjednodušeně chápat jako „průměrnou“ mocnost zvodnělé vrstvy nebo jako střední hodnotu zvodnělé vrstvy v průběhu jednorozměrného nasyceného neustáleného proudění podzemní vody. Parametr  $h_0$  [M] představuje úroveň hladiny podzemní vody při povodních nebo po závlaze.

Drenážní systém s rozchodem  $L$  [M], hloubkou  $h_d$  [M] a poloměrem  $r_0$  [M] pak zajistí, aby v hydrologických poměrech zájmové lokality byla hladina vody na požadované úrovni  $h(t)$  za určitou danou dobu  $t$  [T] a nedocházelo tak k nežádoucímu zamokřování.

## Stanovení vstupních parametrů neustáleného proudění

Pro výpočet rozchodu drénů pro neustálené proudění podzemní vody podle Glover-Dummovy rovnice (13) byl použit online kalkulátor z webových stránek hydromeliorace.cz.

Do online kalkulátoru je potřeba pro výpočet rozchodu drénů vyplnit několik vstupních parametrů.

Koeficient nasycené hydraulické vodivosti  $K$ , hloubka uložení drénů  $h_d$ , poloměr světlosti drénů  $r_0$  a přípustná úroveň hladiny podzemní vody  $h_{MAX}$  byly ponechány totožné s hodnotami použitými ve výpočtu ustáleného proudění.

Pro výpočet rozchodu drénů ustáleného proudění bylo třeba dopočítat efektivní drenážní pórovitost  $P_d$ . Tato veličina se spočítá jako druhá odmocnina z  $K$ , které je dosazováno v  $\text{cm} \cdot \text{d}^{-1}$ . Pro hodnotu  $K = 33,78 \text{ m} \cdot \text{d}^{-1}$  se však tento způsob výpočtu použít nedá, neboť je tato hodnota příliš vysoká. Proto byla efektivní drenážní pórovitost stanovena nepřímou z grafu (Ritzema, 2006). Hodnota je  $P_d = 0,2$ .

Mocnost nepropustné vrstvy  $D$  byla stanovena na 0,1 m.

Intenzivní závlahová dávka, resp. jarní tání nebo intenzivní srážky, díky kterým se hladina podzemní vody zvýší na úroveň  $h_0$ , byly určeny 5 mm a požadavek na pokles hladiny z úrovně  $h_0$  na úroveň  $h(t)$  byl 0,5 dne, resp. 12 hodin, což je podle Holého spodní hranice časového intervalu, během kterého by měla být odvodněna sportovní plocha určená pro konání akcí okresního charakteru.

## Výpočet rozchodu drénů neustáleného proudění

Po zadání výše popsaných parametrů do online kalkulátoru neustáleného proudění podzemní vody byl vypočten rozchod drénů  $L = 19,74$  m.

**Vstupní data:**

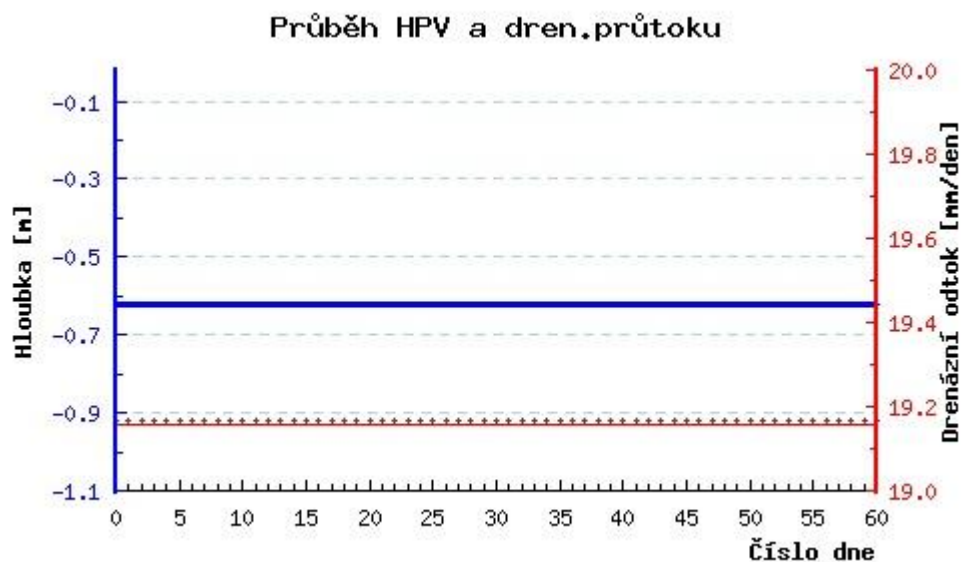
Půda	$K$ - hydraulická vodivost	<input type="text" value="33.78"/>	$\text{m} \cdot \text{d}^{-1}$
	$Pd$ - efektivní drenážní pórovitost	<input type="text" value="0.20"/>	
	$D$ - mocnost nepropustné vrstvy	<input type="text" value="0.10"/>	m
Drenážní systém	$h_d$ - hloubka uložení drénů	<input type="text" value="-0.90"/>	m
	$r_0$ - poloměr světlosti drénů	<input type="text" value="0.040"/>	m
Doplňování	intenzivní závlahová dávka	<input type="text" value="5.00"/>	mm
	... aplikovaná v intervalu	<input type="text" value="0.50"/>	dní
	$h_{MAX}$ - přípustná úroveň HPV	<input type="text" value="-0.60"/>	m

Obr. č. 21: Vstupní data online kalkulátoru neustáleného drenážního proudění (hydromeliorace.cz, B)

**Odvozená data:**

Půda	$d$ - mocnost ekvivalentní nepropustné vrstvy	0.11	m
Drenážní systém	<input type="text" value="0.0000"/> Výpočet bude trvat cca 5 sec.		
	rozchod drénů $L$	19.74	m
Doplňování	$h_0$ - úroveň HPV v čase $t_0$	0.30	m
	$h_t$ - úroveň HPV v čase $t_t$	0.28	m
	vzestup HPV	0.03	m
Odezva	odezvový parametr alpha	0.4574	$\text{d}^{-1}$

Obr. č. 22: Výstupní data online kalkulátoru neustáleného drenážního proudění (hydromeliorace.cz, B)



Obr. č. 23: Graf znázornění průběhu hladiny podzemní vody a drenážního odtoku (hydromeliorace.cz, B)

S ohledem na déle trvající provoz hřiště lze předpokládat, že postupem času dojde vlivem provozu hřiště ke zhutňování půdního povrchu, což se negativně projeví na hydraulické vodivosti.


Uvažujme trojnásobné snížení koeficientu nasycené hydraulické vodivosti  $K$ , tedy z  $33,78 \text{ m}\cdot\text{d}^{-1}$  na  $11,26 \text{ m}\cdot\text{d}^{-1}$ . Efektivní drenážní pórovitost  $P_d$  tedy bude pořád 0,2. Ostatní vstupní parametry ponecháme totožné s předchozí situací. V takovém případě by byl rozchod drénů vypočten  $L = 11,19 \text{ m}$  a výpočet by měl následující parametry:

**Vstupní data:**

<b>Půda</b>	$K$ - hydraulická vodivost	11.26	m.d <sup>-1</sup>
	$Pd$ - efektivní drenážní pórovitost	0.20	
	$D$ - mocnost nepropustné vrstvy	0.10	m
<b>Drenážní systém</b>	$h_d$ - hloubka uložení drénů	-0.90	m
	$r_0$ - poloměr světlosti drénů	0.040	m
<b>Doplňování</b>	intenzivní závlahová dávka	5.00	mm
	... aplikovaná v intervalu	0.50	dni
	$h_{MAX}$ - přípustná úroveň HPV	-0.60	m

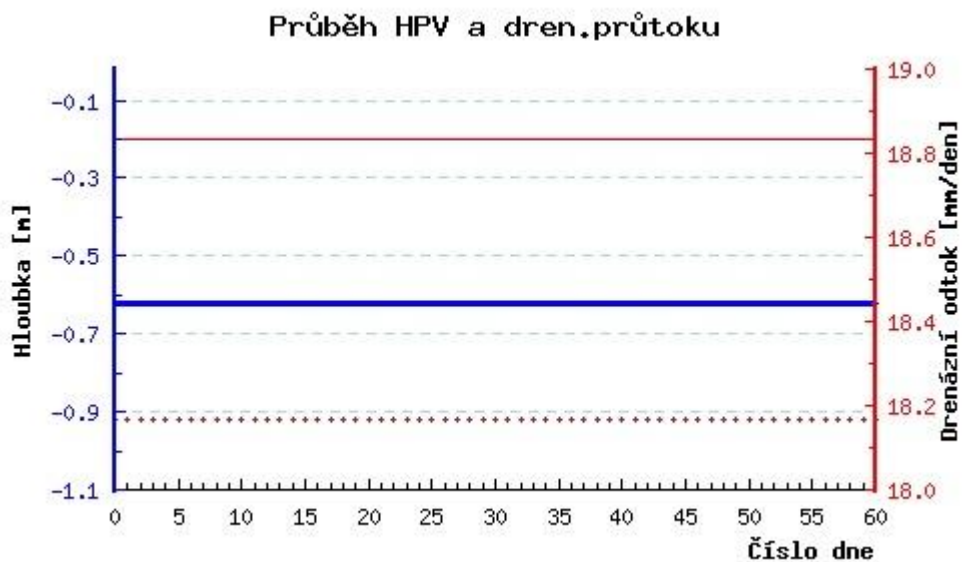
Obr. č. 24: Vstupní data online kalkulátoru neustáleného drenážního proudění pro dlouhodobý provoz hřiště (hydromeliorace.cz, B)

**Odvozená data:**

<b>Půda</b>	$d$ - mocnost ekvivalentní nepropustné vrstvy	0.10	m
<b>Drenážní systém</b>	 Výpočet bude trvat cca 5 sec.		
	rozchod drénů $L$	11.19	m
<b>Doplňování</b>	$h_o$ - úroveň HPV v čase $t_o$	0.30	m
	$h_t$ - úroveň HPV v čase $t_t$	0.28	m
	vzestup HPV	0.03	m
	<b>Odezva</b>	odezvový parametr alpha	0.4497

Obr. č. 25: Výstupní data online kalkulátoru neustáleného drenážního proudění pro dlouhodobý provoz hřiště (hydromeliorace.cz, B)





Obr. č. 26: Graf znázornění průběhu hladiny podzemní vody a drenážního odtoku  
(hydromeliorace.cz, B)



Obr. č. 27: Schéma drenážního systému hřiště pro neustálené drenážní proudění  
(mapy.cz, B, Autocad 2017)

Na předchozím obrázku č. 27 je zobrazena situace s navrženým schématem drenážního systému. Pro současné půdní podmínky ( $K = 33,78 \text{ m.d}^{-1}$ ) jsou navrženy černé sběrné drény s rozchodem 20 m. Pro případ, kdy bylo uvažováno trojnásobné snížení koeficientu nasycené hydraulické vodivosti ( $K = 11,26 \text{ m.d}^{-1}$ ) vlivem dlouhodobého provozu hřiště, by byly dodatečně přidány červené sběrné drény a rozchod drénů by se tak upravil na 10 m. Všechny sběrné drény by měly vnitřní poloměr 4 cm (DN 80) a délku 61 m.

## **Návrh drenážního systému hřiště**

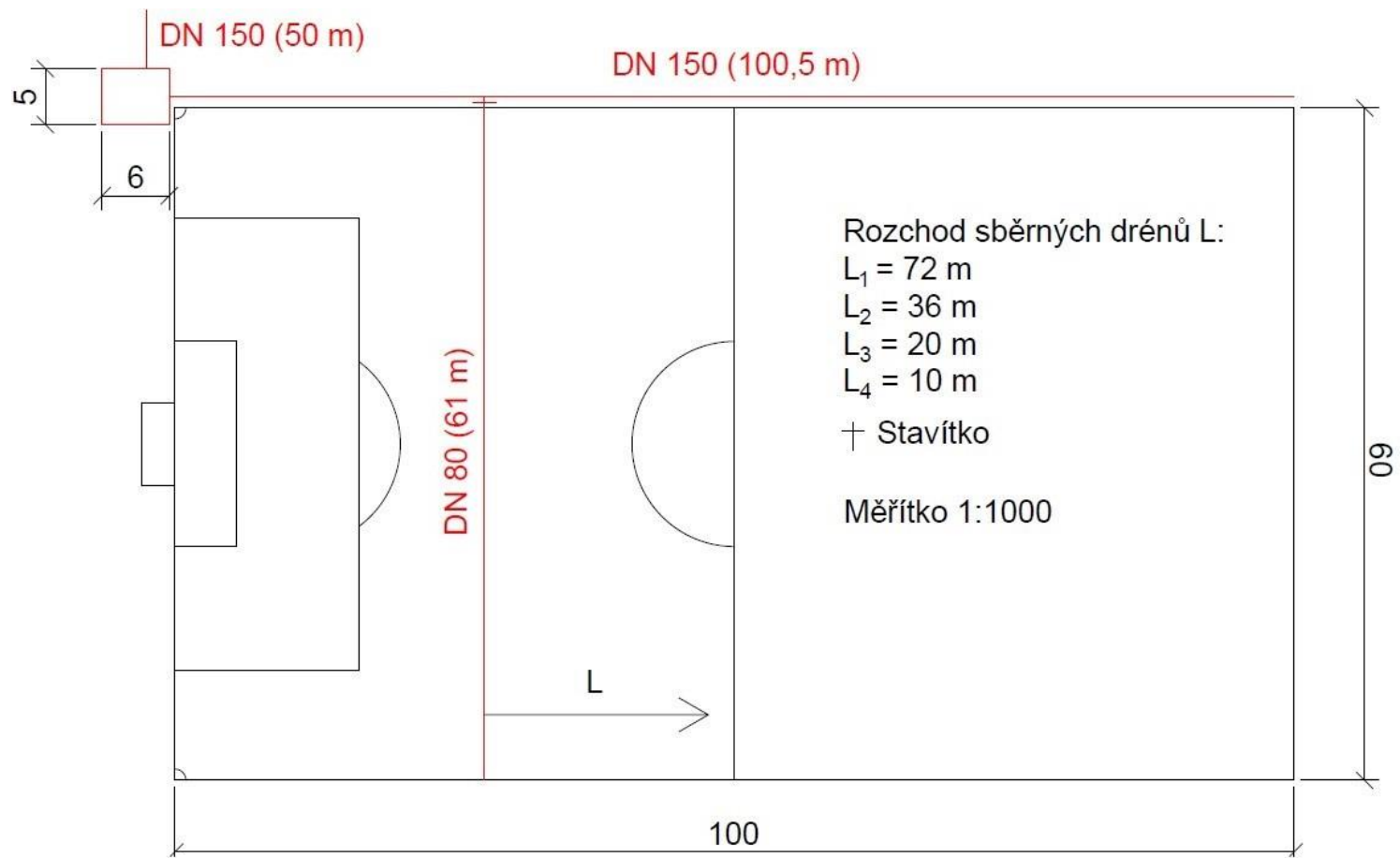
Na níže uvedeném obrázku č. 28 je zobrazen výkres vytvořený v softwaru Autocad 2017, který znázorňuje navržený drenážní systém hřiště.

Z terénního průzkumu a rovněž v souladu s uživateli hřiště a znalci místních podmínek je v současné době zbytečné na čechtickém fotbalovém hřišti drenážní systém realizovat, neboť zde problémy se zamokřováním nejsou.

V případě zdvojnásobení dlouhodobého průměrného srážkového úhrnu by pro ustálené proudění bylo vhodné vybudovat v první fázi dva sběrné drény s rozchodem  $L_1 = 72 \text{ m}$  a dodatečně, za předpokladu poklesu infiltrační rychlosti půdního prostředí vlivem dlouhodobého provozu hřiště, by byl podél půlící čáry hřiště přidán jeden sběrný drén a rozchod drénů by se tak upravil na  $L_2 = 36 \text{ m}$ .

Vezmeme-li v úvahu krátkodobé srážky s vysokou intenzitou nebo jarní tání sněhu, jedná se o neustálené proudění a v takovém případě při požadavku odvést vodu ze hřiště během časového intervalu 12 hodin by byl vhodný drenážní systém s rozchodem sběrných drénů  $L_3 = 20 \text{ m}$ . Opět je v návrhu pamatováno na možnost poklesu infiltrační rychlosti půdního prostředí, dodatečně by tedy bylo možné drenážní síť zhustit na  $L_4 = 10 \text{ m}$ .

Všechny sběrné drény budou připojeny na jeden svodný drén umístěný 1 m za autovou čarou severní strany hřiště a budou v místě připojení na tento drén opatřeny stavítky.

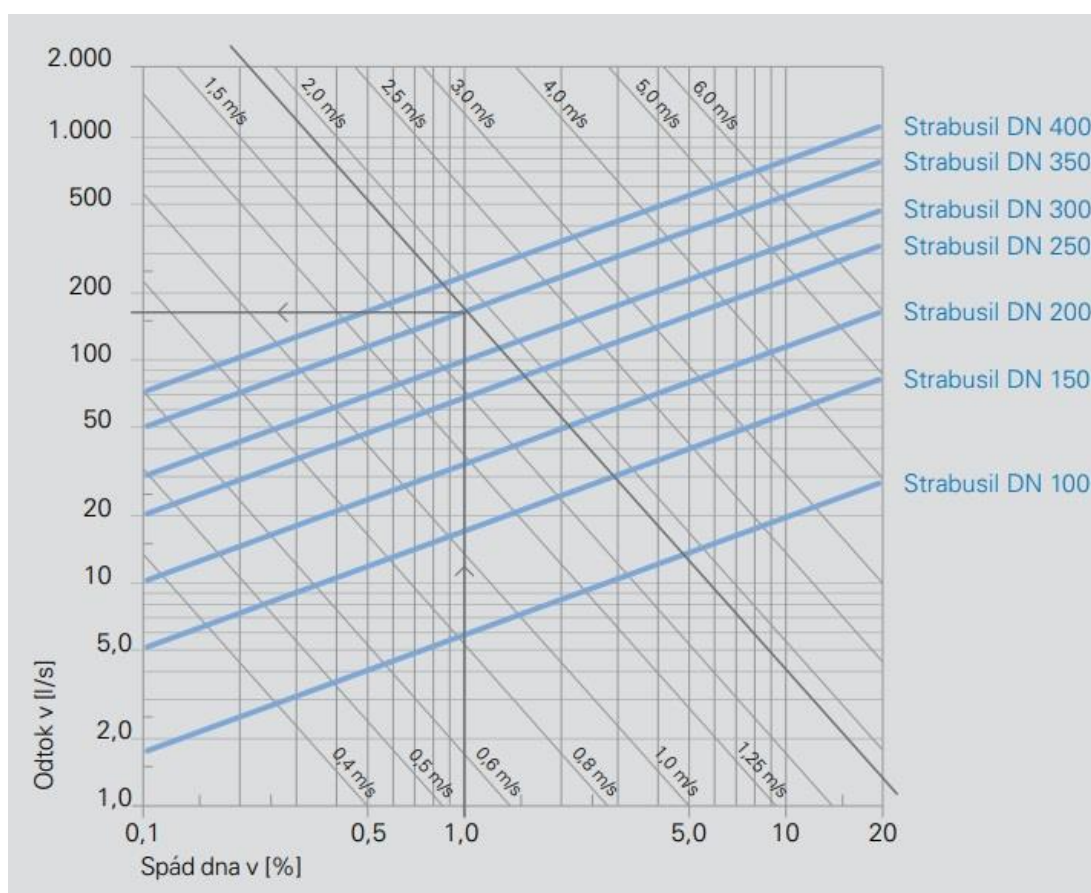


Obr. č. 28: Návrh drenážního systému hřiště (Autocad 2017)

Stanovení parametrů svodného drénu vychází z plochy hřiště, z kterého je voda odváděna, a z požadavku odvést určité množství vody za určitý časový interval. Plocha hřiště má rozměry 100 x 60 m. Dle výše zmíněného popisu byl stanoven požadavek na schopnost drenážního systému odvádět 5 mm srážek během 12 hodin. Z těchto parametrů lze vypočítat maximální průtok vody Q ve svodném drénu:

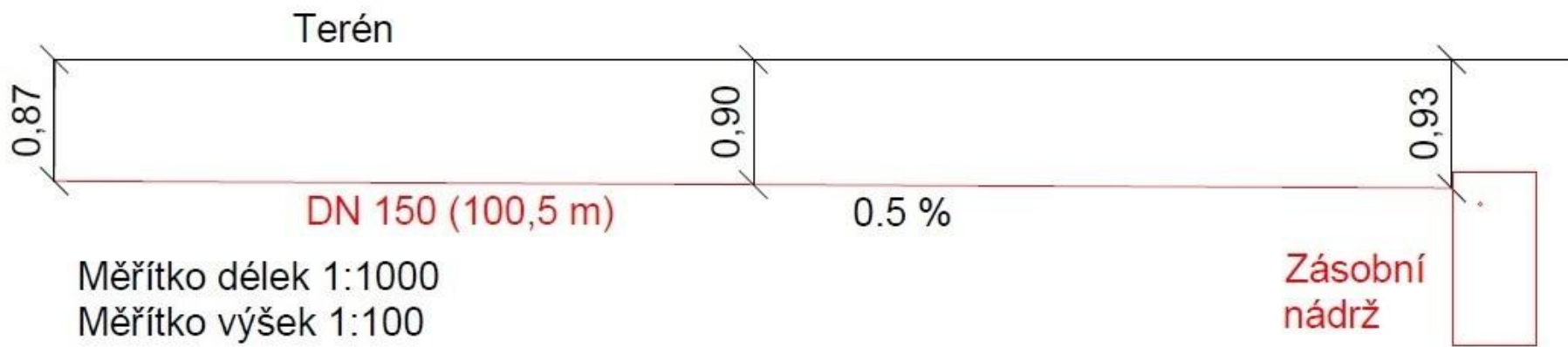
$$Q = \frac{\text{srážky} * \text{plocha hřiště}}{\text{časový interval}} \quad (14)$$

Po zadání konkrétních hodnot do rovnice (14) vyjde průtok  $Q = 0,7 \text{ l.s}^{-1}$ . Dle následujícího diagramu je pak zvolena vhodná jmenovitá světlost svodného drénu.

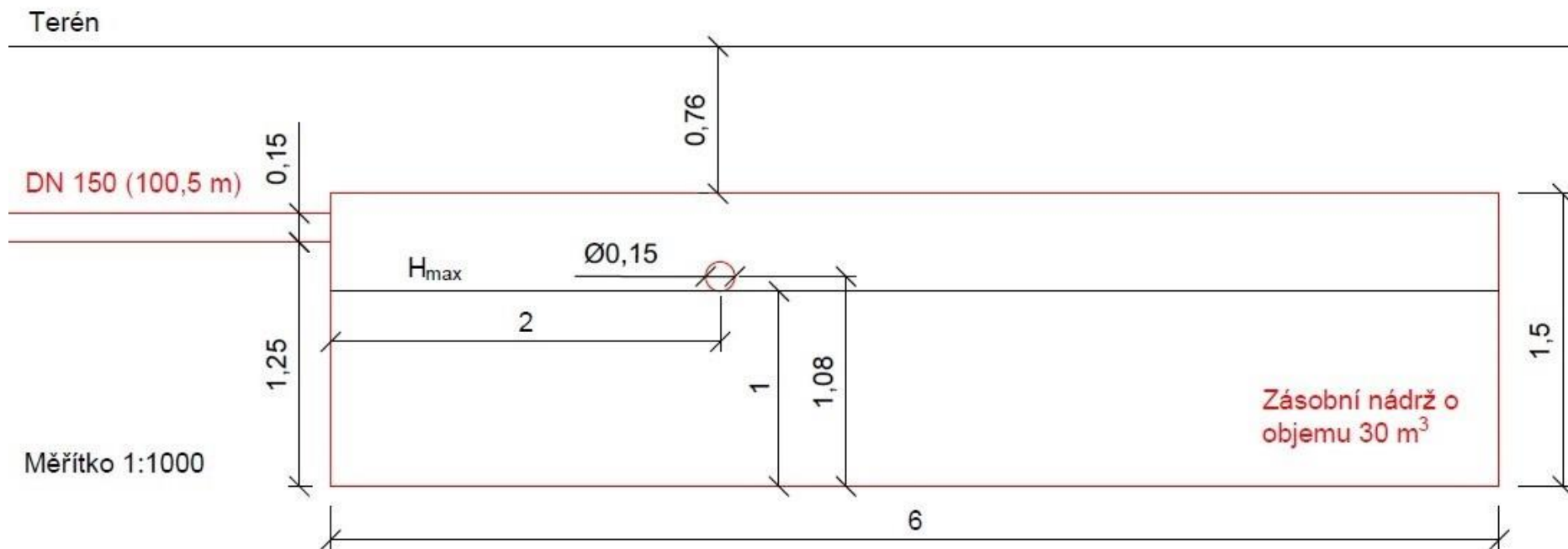


Obr. č. 29: Hydraulický diagram (frankische.com)

Spád dna byl zvolen 0,5 % a pro  $Q = 0,7 \text{ l.s}^{-1}$  by bylo dostatečné DN 100, nicméně díky možnému zanášení a vzniku mechanických překážek (např. uhynulá těla drobných hlodavců) bylo navrženo použití DN 150.



Obr. č. 30: Podélný profil svodného drénu (Autocad 2017)



Obr. č. 31: Zásobní nádrž (Autocad 2017)

## **Soupis materiálu drenážního systému hřiště**

Na výstavbu drenážního systému, který by bez problému odváděl 5 mm srážek během 12 hodin, by za současných půdních podmínek byl potřeba jeden svodný drén DN 150 v délce 100,5 m a pět sběrných drénů DN 80 s délkami 61 m (celkem 305 m) a stavítky.

Dále je systém vybaven zásobní nádrží s rozměry 6 x 5 x 1,5 m a přepadovým potrubím DN 150 v délce 50 m, které je napojeno na kanalizační stoku.

V návrhu je uvažováno postupné zhoršování půdních podmínek z hlediska rychlosti infiltrace. Do budoucna by v případě potřeby mohla být síť sběrných drénů zhuštěna přidáním dalších šesti drénů DN 80 (celkem 366 m) se stavítky.

## Diskuze

V posledních letech je ve fotbalu velký zájem o vysoce kvalitní hrací povrch z přírodního trávníku, který lze zatěžovat mnohem více než dříve a bez rizika odkládání zápasů. Tyto požadavky stimulovaly vývoj různých typů syntetického zpevnění travního porostu a zvýšení jeho tolerance k zátěži.

Přesto však 100 % přírodní trávník nedokáže normálně obstát po celou sezónu. V každém případě nedostatek přírodních faktorů, jako například světlo a vzduch, vedou k tomu, že klub s přírodním trávníkem bude muset omezovat jeho zatížení. Zimní období (od podzimu do jara) je pro hrací plochu vždy kritickým časem, neboť intenzita světla klesá pod požadovaných  $50 \text{ watt.m}^{-2}$ , což je pro rostliny nezbytná hranice růstu. To v podstatě znamená, že jakékoliv poškození ze hry v tomto období nedokáže tráva překonat (fotbalovetravniky.cz).

Čechtické fotbalové hřiště bylo podle místních pamětníků vybudováno na bývalé zahradě, na které rostly ovocné stromy. Postupně došlo k jejich odstranění a vyrovnaní plochy kvalitní hlínou, na jejímž povrchu byl vysetý trávník.

V současné době toto hřiště plní svou funkci bez sebemenších problémů, a proto nemá význam do něj nějakým drastickým způsobem zasahovat.

Navrhovaná opatření, která jsou v této práci popsána, představují možnost, jak by mohlo být hřiště v budoucnu vylepšeno, aby byly zachovány nebo mírně zlepšeny současné podmínky. Podle Holého (1984) patří čechtické hřiště do třetí kategorie, kde jsou požadavky na odvodnění stanoveny časovým intervalem 12 až 24 hodin. V návrzích je počítáno se spodní hranicí, tedy 12 hodinami.

Vybudováním navrženého drenážního systému je ale potřeba pamatovat také na to, že bude muset být pro jeho dlouhodobou funkčnost zajištěna jeho trvalá údržba. Předpokládám, že především zásobní nádrž na drenážní vodu bude v určitých časových intervalech zanášena usazovanými částicemi, které bude třeba průběžně odstraňovat.



## Závěr

V této diplomové práci, byť by se dle názvu měla zabývat navrhováním drenážního systému fotbalového hřiště, jsem se nechtěl zaměřit pouze na tuto oblast. Chtěl jsem v rámci práce popsat problematiku v širších souvislostech tak, aby práce pojednávala komplexně o vybrané lokalitě.

Z tohoto důvodu je v ní zahrnuta řada kapitol, které pro samotné odvodňování nejsou podstatné, nicméně jsou s vybranou lokalitou těsně spjaty.

V úvodní části je popsáno odvodňování jako vědní disciplína včetně historického kontextu, které přechází v popis řešené lokality z hlediska historických a přírodních podmínek. Řada těchto poznatků vychází z literatury a různých informačních systémů, ale rovněž jsou do těchto kapitol zahrnuty mé osobní znalosti a informace od mých předků, kteří z Čechtic pochází a žijí zde.

V návaznosti na tyto souvislosti je následně podrobně řešen drenážní systém hřiště. Jsou vypracovány čtyři varianty drenážního systému v závislosti na zvolených podmínkách vycházejících z terénního průzkumu, experimentu jednoválcové zkoušky a dlouhodobých klimatických dat.

Dle provedené studie a mého názoru, v současné době fotbalové hřiště v Čechticích z hlediska odvodňování je plně funkční a není potřeba na něm provádět výstavbu drenážního systému.

Vezmu-li v úvahu zanášení travnaté plochy, zhutňování povrchu při provozu a dynamiku klimatu, může časem dojít k narušení této přirozené funkce a pro tento případ bude vhodné přistoupit k realizaci drenážního systému nejprve s rozchodem drénů  $L_3 = 20$  m a později  $L_4 = 10$  m tak, aby bylo zajištěno kvalitní odvodňování i v extrémních podmínkách jako jsou náhlé intenzivní srážky a jarní tání sněhu.

Zároveň s ohledem na dlouhodobě měnící se klima a hrozícímu nedostatku vody v teplejších a suchých ročních obdobích není žádoucí drenážní vodu nevyužít, proto byla v rámci systému navržena zásobní nádrž pro její uchování a použití pro závlahy a u sběrných drénů navržena stavítka, která budou ve srážkově chudých obdobích naopak zabraňovat v odtoku podzemní vody ze hřiště.

Při psaní této práce jsem si opět uvědomil, že v přírodě všechno souvisí se vším, že nelze jednotlivé části oddělovat a je potřeba při krajinném inženýrství nazírat na danou problematiku komplexně, neboť je součástí celku.

## Seznam použitých zdrojů

1. CUZK.CZ, *Mapový portál Marushka* [online]. [cit. 10-3-2018]. Dostupné z: <http://sgi.nahlizenidokn.cuzk.cz/marushka/default.aspx?themeid=3&&MarQueryId=6D2BCEB5&MarQParam0=618888&MarQParamCount=1&MarWindowName=Marushka>
2. ČHMÚ.CZ, A, *Územní teploty* [online]. [cit. 10-3-2018]. Dostupné z: <http://portal.chmi.cz/historicka-data/pocasi/uzemni-teploty#>
3. ČHMÚ.CZ, B, *Územní srážky* [online]. [cit. 10-3-2018]. Dostupné z: <http://portal.chmi.cz/historicka-data/pocasi/uzemni-srazky>
4. ČSN 73 5910 *Navrhování, výstavba a rekonstrukce travnatých hřišť uzavřeného tvaru*.
5. DARCY H., 1856: *Les fontaines publique da la ville de Dijon*, Dalmont, Paris, France.
6. DEMEK J., 1987: *Hory a nížiny*, Zeměpisný lexikon ČSR, AOPK ČR, Praha.
7. DEMEK J., MACKOVČIN P., 2006: *Hory a nížiny*, Zeměpisný lexikon ČR, AOPK ČR, Brno.
8. DONNAN W. W., 1946: *Model test of a tile-spacing formula*, Soil Science Society of America Proceedings 11, USA.
9. DRENÁŽ.NET, *Zachování funkce odvodnění* [online]. [cit. 9-3-2018]. Dostupné z: <http://www.hydrmeliorace.cz/drenaz/dalsi.php>
10. DUMM L. D., 1954: *New formula for determining depth and spacing of subsurface drains in irrigated lands*. (Drain spacing formula), Agricultural Engineering 35.
11. DUPUIT J., 1863: *Ethudes theoretiques et pratiques sur le mouvement des eaux dam les canaux découverts et a travers les terrains permeables*, Dunod, Paris, France.
12. DVOŘÁK P., 1972: *Podklady pro navrhování odvodňovacích staveb*, Skriptum ČVUT Praha, Praha.
13. EDICE KLUBU ČESKÝCH TURISTŮ, 2012: *Želivka a Pelhřimovsko sever*, Turistická mapa 1:50 000, 4. vydání.
14. FIALOVÁ D., 1993: *O Čechticích*, Obecní úřad v Čechticích
15. FORCHHEIMER P., 1930: *Hydraulik*, 3rd ed. Teubner. Leipzig-Berlin, Deutschland.

16. FOTBAL4EVER.CZ, *Historie fotbalu* [online]. [cit. 5-3-2018]. Dostupné z:  
<http://www.jadro10.estranky.cz/clanky/historie.html>
17. FOTBALOVETRAVNIKY.CZ, *Stavba hřiště a drenážní systémy anglických profesionálních klubů* [online]. [cit. 8-3-2018]. Dostupné z:  
<http://www.fotbalovetravniky.cz/files/blog/Stavba%20hřiště%20a%20drenážní%20systémy%20anglických%20profesionálních%20klubů.pdf>
18. FRANKISCHE.COM, *Hydraulický diagram* [online]. [cit. 27-3-2018].  
Dostupné z:  
[http://www.frankische.com/web\\_multilang/downloadarea\\_files/d-pb-strb-cz-1214-01-446\\_web.pdf](http://www.frankische.com/web_multilang/downloadarea_files/d-pb-strb-cz-1214-01-446_web.pdf)
19. GEOMORFOLOGIE.CZ, A, *Česká vysočina* [online]. [cit. 10-3-2018].  
Dostupné z:  
[http://www.geomorfologickaceskoslovenska.bluefile.cz/?page\\_id=285](http://www.geomorfologickaceskoslovenska.bluefile.cz/?page_id=285)
20. GEOMORFOLOGIE.CZ, B, *Českomoravská soustava* [online]. [cit. 10-3-2018]. Dostupné z:  
[http://www.geomorfologickaceskoslovenska.bluefile.cz/?page\\_id=400](http://www.geomorfologickaceskoslovenska.bluefile.cz/?page_id=400)
21. GEOMORFOLOGIE.CZ, C, *Českomoravská vrchovina* [online]. [cit. 10-3-2018]. Dostupné z: [http://www.geomorfologicka-ceskoslovenska.bluefile.cz/?page\\_id=727](http://www.geomorfologicka-ceskoslovenska.bluefile.cz/?page_id=727)
22. GEOMORFOLOGIE.CZ, D, *Křemešnická vrchovina* [online]. [cit. 10-3-2018]. Dostupné z: [http://www.geomorfologicka-ceskoslovenska.bluefile.cz/?page\\_id=733](http://www.geomorfologicka-ceskoslovenska.bluefile.cz/?page_id=733)
23. GEOPORTAL.GOV.CZ, A, *Základní mapa ČR 1:10 000* [online]. [cit. 10-3-2018]. Dostupné z:  
<https://geoportal.gov.cz/web/guest/map?openNode=Soil&keywordList=inspire>
24. GEOPORTAL.GOV.CZ, B, *Geomorfologické členění ČR* [online]. [cit. 10-3-2018]. Dostupné z:  
<https://geoportal.gov.cz/web/guest/map?openNode=Soil&keywordList=inspire>
25. GEOPORTAL.GOV.CZ, C, *Klimatické oblasti ČR* [online]. [cit. 10-3-2018].  
Dostupné z:  
<https://geoportal.gov.cz/web/guest/map?openNode=Soil&keywordList=inspire>

26. GEOPORTAL.GOV.CZ, D, *Legenda klimatických oblastí ČR* [online]. [cit. 10-3-2018]. Dostupné z:  
<https://geoportal.gov.cz/web/guest/map?openNode=Soil&keywordList=inspire>
27. GEOPORTAL.GOV.CZ, E, *Geologická mapa ČR 1:500 000* [online]. [cit. 10-3-2018]. Dostupné z:  
<https://geoportal.gov.cz/web/guest/map?openNode=Soil&keywordList=inspire>
28. GEOPORTAL.GOV.CZ, F, *Půdní mapa ČR 1:250 000* [online]. [cit. 10-3-2018]. Dostupné z:  
<https://geoportal.gov.cz/web/guest/map?openNode=Soil&keywordList=inspire>
29. GLOVER R. E., BALMER C. G., 1954: *River depletion resulting from pumping a well near a river*, American Geo-physical Union Transaction, v. 35. pt. 3, US.
30. HOLÝ M. a kol., 1984: *Odvodňovací stavby*, SNTL, Praha.
31. HOOGHOUDT S. B., 1940: *Bijdragen tot de kennis van enige natuurkundige rootheden van de grond*. Deel 7. Versl. Landb. Onderzoek 46 (14), B:515-B:707 (in Dutch). The Netherlands.
32. HYDROMELIORACE.CZ, A, *Kalkulátor ustáleného drenážního proudění* [online]. [cit. 23-3-2018]. Dostupné z:  
[http://www.hydromeliorace.cz/sw/drenazni\\_odtok/drenazni\\_odtok.php?menu=ustalene\\_proudeni\\_menu&pg=listB](http://www.hydromeliorace.cz/sw/drenazni_odtok/drenazni_odtok.php?menu=ustalene_proudeni_menu&pg=listB)
33. HYDROMELIORACE.CZ, B, *Kalkulátor neustáleného drenážního proudění* [online]. [cit.25-3-2018]. Dostupné z:  
[http://www.hydromeliorace.cz/sw/drenazni\\_odtok/drenazni\\_odtok.php?menu=ustalene\\_proudeni\\_menu&menu=ustalene\\_dvouvrstevny\\_profil\\_menu&menu=ustalene\\_dvouvrstevny\\_profil2\\_menu&menu=hlavni\\_menu&menu=neustalene\\_proudeni\\_menu&pg=listE](http://www.hydromeliorace.cz/sw/drenazni_odtok/drenazni_odtok.php?menu=ustalene_proudeni_menu&menu=ustalene_dvouvrstevny_profil_menu&menu=ustalene_dvouvrstevny_profil2_menu&menu=hlavni_menu&menu=neustalene_proudeni_menu&pg=listE)
34. IS.MUNI.CZ, A, *Dubobukový vegetační stupeň* [online]. [cit. 13-3-2018]. Dostupné z:  
[https://is.muni.cz/el/1431/jaro2010/Z0005/18118868/index\\_com\\_3VS.html](https://is.muni.cz/el/1431/jaro2010/Z0005/18118868/index_com_3VS.html)

35. IS.MUNI.CZ, B, *Bukový vegetační stupeň* [online]. [cit. 13-3-2018].  
Dostupné z:  
[https://is.muni.cz/el/1431/jaro2010/Z0005/18118868/index\\_com\\_4VS.html](https://is.muni.cz/el/1431/jaro2010/Z0005/18118868/index_com_4VS.html)
36. JANEČEK M. a kol., 1995: *Z historie českých rybníků*, CARPIO, Třeboň.
37. JŮVA K., 1957: *Odvodňování půdy*, Státní zemědělské nakladatelství, Praha.
38. KAMENČÍKOVÁ I., 2009: *Vyhodnocení terénního měření infiltrace výtopou v k. ú. Horní Meziříčko*, Mezinárodní vědecká konference, CERM, Brno.
39. KLUTE A., 1986: *Methods of soil analysis Part 1, Physical and Mineralogical Methods*, Soil Science Society of America, Madison.
40. KOVAŘÍČEK P. a kol., 2007: *Metoda měření infiltrace vody do půdy zadešřovacími zařízeními*, Výzkumný ústav zemědělské techniky, Praha.
41. KŘOVÁK F., KUKLÍK V., 1988: *Cvičení z meliorací*, Vysoká škola zemědělská v Praze, Praha.
42. KULHAVÝ F., 2014: *Quo vadis hydromeliorace?*, Časopis Vodní hospodářství 5/2014.
43. KUTÍLEK M., 1978: *Vodohospodářská pedologie*, SNTL, Praha.
44. KUTÍLEK M., NIELSEN D. R., 1994: *Soil hydrology. Geo-ecology textbook*, Catena Verlag, 38162 Cremlingen Destedt, Germany.
45. MAPY.CZ, A, *Základní mapa ČR* [online]. [cit. 9-3-2018]. Dostupné z:  
<https://mapy.cz/zakladni?x=14.9737148&y=49.6192008&z=11&source=muni&id=3478>
46. MAPY.CZ, B, *Ortofoto ČR* [online]. [cit.22-3-2018]. Dostupné z:  
<https://mapy.cz/letecka?x=15.0522431&y=49.6247525&z=19>
47. MESTYS-CECHTICE.CZ, *Úvodní stránka městyse Čechtice* [online]. [cit. 9-3-2018]. Dostupné z: <http://www.mestys-cechtice.cz>
48. MÍSTOPISY.CZ, *Fotogalerie Čechtice* [online]. [cit. 10-3-2018]. Dostupné z:  
<https://www.mistopisy.cz/pruvodce/obec/2038/cechtice/fotogalerie/>
49. MLS J., 1984: *Hydraulika podzemní vody*, Skriptum ČVUT Praha, fakulta stavební, Praha.
50. NAVARA M., BUZEK M., ONDŘEJ O., 1986: *Kopaná teorie a didaktika*, Státní pedagogické nakladatelství, Praha.
51. NÁPRAVNÍK Č., 1987: *Lékař a kopaná*, Olympia, Praha.

52. NĚMEC A., 1907: *Dosavadní zkušenosti v oboru meliorací v Království Českém*, Publikace ústředního sboru Rady zemědělské pro Království České, Sešit 2, Praha.
53. NOVÁKOVÁ B. a kol., 1991: *Obce a sídla*, Zeměpisný lexikon ČR, Academia, Praha.
54. ODVODNENI.CZ, *Odvodňovací stavby* [online]. [cit. 5-3-2018]. Dostupné z: [http://storm.fsv.cvut.cz/data/files/předměty/YHYS/ODVODNENI/YHYS\\_odvodneni.pdf](http://storm.fsv.cvut.cz/data/files/předměty/YHYS/ODVODNENI/YHYS_odvodneni.pdf)
55. PANTERKYCECHTICE.CZ, *DFC Panterky Čechtice* [online]. [cit. 10-3-2018]. Dostupné z: <https://dfcpanterkycechtice.webnode.cz/o-nas/>
56. PEDOLOGIE.CZU.CZ, A, *Kambizem*, Taxonomický klasifikační systém půd ČR [online]. [cit. 15-3-2018]. Dostupné z: [http://klasifikace.pedologie.czu.cz/index.php?action=showVariety&id\\_categoryNode=167](http://klasifikace.pedologie.czu.cz/index.php?action=showVariety&id_categoryNode=167)
57. PEDOLOGIE.CZU.CZ, B, *Pseudoglej*, Taxonomický klasifikační systém půd ČR [online]. [cit. 15-3-2018]. Dostupné z: [http://klasifikace.pedologie.czu.cz/index.php?action=showPudniTyp&id\\_categoryNode=172](http://klasifikace.pedologie.czu.cz/index.php?action=showPudniTyp&id_categoryNode=172)
58. PORSCHKOVÁ L., 2015: *700 let městyse Čechtice*, Čechtice.
59. PŘÍRODA.CZ, *Langův dešťový faktor* [online]. [cit. 10-3-2018]. Dostupné z: <https://www.priroda.cz/clanky.php?detail=910>
60. RACEK J., 1930: *Technická kancelář Rady zemědělské pro Čechy*, Praha.
61. RENÉ M., 2001: *Litologický vývoj moldanubických pararul v oblasti mezi Čechticemi a Jihlavou*, Zprávy o geologických výzkumech v roce 2000, Český geologický ústav Praha.
62. RITZEMA H. P., 2006: *Subsurface flows to drains*. In: H. P. Ritzema (Ed) *Drainage Principles and Applications* (pp. 283-294). ILRI Publ. 16, Wageningen, The Netherlands.
63. SOKOL-LECICE.CZ, *Holčiny cup* [online]. [cit. 10-3-2018]. Dostupné z: <https://www.sokol-lecice.cz/zeny/holciny-cup/>
64. ŠTIBINGER J., 2011: *Infiltrační schopnosti agrárních valů*, Stavební obzor 2/2011 [online]. [cit. 19-3-2018]. Dostupné z: <http://fzp.ujep.cz/projekty/qh82126/V002/stibinger.pdf>
65. VOTÍK J., 2001: *Trenér fotbalu „B“ licence*, Olympia, Praha.

66. VRBA J., 1917: *Právní prameny pro praxi inženýrskou*, Spolek posluchačů kulturních inženýrů, Praha.
67. VUMOP.CZ, *Historie meliorací v ČR* [online]. [cit. 6-3-2018]. Dostupné z: <http://www.vumop.cz:8089/mapserv/meliorace/historie.php>
68. WIKIPEDIE.ORG, A, *Čechtice* [online]. [cit. 9-3-2018]. Dostupné z: <https://cs.wikipedia.org/wiki/Čechtice>
69. WIKIPEDIE.ORG, B, *Fotbalové III. třídy* [online]. [cit. 10-3-2018]. Dostupné z: [https://cs.wikipedia.org/wiki/Fotbalové\\_III.\\_třídy](https://cs.wikipedia.org/wiki/Fotbalové_III._třídy)
70. WIKIPEDIE.ORG, C, *Fotbalové IV. třídy* [online]. [cit. 10-3-2018]. Dostupné z: [https://cs.wikipedia.org/wiki/IV.\\_třída\\_okresu\\_Benešov](https://cs.wikipedia.org/wiki/IV._třída_okresu_Benešov)
71. ZELIVKA.CZ, *Mikroregion Želivka* [online]. [cit. 9-3-2018]. Dostupné z: <http://www.zelivka.cz>
72. ŽURMAN O., 1972: *Zlatá kniha kopané*, Olympia, Praha.