

**UNIVERZITA KARLOVA V PRAZE**  
Přírodovědecká fakulta  
Katedra aplikované geoinformatiky a kartografie



## **Aplikace GIS v precizním zemědělství**

**Application of GIS in precision farming**

Bakalářská práce

Michaela Buřičová

září 2009

Vedoucí bakalářské práce: Mgr. P. Štych, Ph.D.

# Zadání bakalářské práce

**pro** Michaelu Buřičovou  
**obor** Geografie a kartografie

**Název tématu:** Aplikace geoinformačních systémů v precizním zemědělství

## Zásady pro vypracování

Bakalářská práce se bude zabývat možnostmi využití geoinformačních systémů v zemědělství. Řešení této problematiky bude probíhat na konkrétní modelové území v katastru Krchleby ve spolupráci s místním farmářem.

Teoretický úvod se zaměří převážně na tematiku precizního zemědělství. Bude diskutován stav a vývoj technologií v této oblasti.

Prvotním cílem praktické části práce bude sběr a evidence dat za řešené území. Pro uložení a evidenci rozmanitých typů dat budou využity pokročilé datové modely (Geodatabase). V této části bude důležitým úkolem zpracování dat od místního farmáře. Bude vyhotoven také katalog dat (metadata).

Dalším úkolem práce je modelování nových prostorových dat pomocí nástrojů GIS relevantních pro zemědělské hospodaření. Konkrétně se jedná o DMT, informace o sklonitosti a expozici terénu, lokality akumulace srážek... Budou vymezeny nepříznivé a příznivé lokality. V těchto místech budou srovnávány výnosy pěstovaných plodin.

V závěrečné syntetické části budou všechna data a metodické postupy kriticky zhodnoceny.

**Rozsah grafických prací: 5 – 10 stran**

**Rozsah průvodní zprávy: 25 – 50 stran**

**Seznam odborné literatury:**

- BALÍK, J. ... [et al.]. 2000. Cíle a možnosti (filozofie) precizního zemědělství. In: *Racionální použití hnojiv. Sborník z konference konané na ČZU v Praze*. Praha: česká zemědělská univerzita v Praze, katedra agrochemie a výživy rostlin, 2000. s 18-22. ISBN 80-213-0691-2.
- HEERMANN, D. F. ...[et al.]. 2002. Interdisciplinary irrigated precision farming research. *Precision agriculture*. [CD-ROM]. 2002, č.3, s.47-61.
- JEDLIČKA, J. ; ŠTYCH, P. [200-]. *Hydrologické modelování v programu ArcGIS*. Praha, [200-].
- KRAUS, J. 2007. *Geostatistika jako prostorové modelování statistických jevů* [online]. Praha, 2007. [cit. 2009-05-27]. Český statistický úřad. Dostupný z WWW: <<http://panda.hyperlink.cz/cestapdf/pdf07c6/kraus.pdf>>.
- KUMHÁLOVÁ, J. ...[et al.]. 2008. *Topografy impal on nutrition kontent in soil and yield*. *Plant soil environ*. [CD-ROM]. 2008, roč. 6, č.54, s.255-261.

Vedoucí bakalářské práce: Mgr. P. Štych, Ph.D.

Konzultant bakalářské práce: Mgr. P. Štych, Ph.D.

Datum zadání bakalářské práce: 7. 11. 2008

Termín odevzdání bakalářské práce: podzim 2009

*Platnost tohoto zadání je po dobu jednoho akademického roku.*

.....

.....

Vedoucí bakalářské práce

.....

Vedoucí katedry

V Praze dne

Prohlašuji, že jsem tuto bakalářskou práci vypracoval samostatně a že jsem všechny použité prameny řádně citoval.

Jsem si vědom toho, že případné použití výsledků, získaných v této práci, mimo Univerzitu Karlovu v Praze je možné pouze po písemném souhlasu této univerzity.

Svoluji k zapůjčení této práce pro studijní účely a souhlasím s tím, aby byla řádně vedena v evidenci vypůjčovatelů.

V Pacově dne 20. srpna 2009

.....  
Michaela Buřičová

### **Poděkování**

Na tomto místě bych ráda poděkovala vedoucímu mé práce Mgr. Přemyslu Štychovi, Ph.D za čas strávený připomínkováním mé práce a za poskytnuté rady. Dále bych pak chtěla poděkovat ZD Krchleby za poskytnutí dat o výnosech a Mgr. Jitce Kumbálové z výskumného ústavu rostlinné výroby v Ruzyni za poskytnutí odborné literatury o precizním zemědělství. V neposlední řadě děkuji rodině za podporu v průběhu celého studia.

## **Aplikace geoinformačních systémů v precizním zemědělství**

### **Abstrakt**

Práce se zabývá možnostmi využití geoinformačních systémů v zemědělství. V úvodu je popsán stav a vývoj technologií používaných v precizním zemědělství. První část práce se zaměřuje na zpracování a uspořádání dat poskytnutých zemědělským podnikem Krchleby. Údaje jsou vhodně seřazeny v datovém modelu (Geodatabase) a je vyhotoven katalog dat (metadata). Dále je práce zaměřena na modelování nových prostorových dat pomocí nástrojů GIS relevantních pro zemědělské hospodaření. Konkrétně se jedná o digitální model terénu (DMT), informace o sklonitosti a expozici terénu a lokality akumulace srážek. Jsou vymezeny příznivé a nepříznivé lokality v návaznosti na výnosy pěstovaných plodin. Závěr obsahuje kritické zhodnocení všech dat a metodických postupů.

**Klíčová slova:** geoinformační systémy, Geodatabáze, metadata, digitální model terénu

## **Application of GIS in precision farming**

### **Abstract**

This work deals with possibilities how to use geoinformative systems in agriculture. There is described the state and development of technologies at the beginning, which are used in precise agriculture. The first part of the work is focused on data layout and data processing, which are provided by agricultural company Krchleby. Data are suitable ordered in data's model (Geodatabase) and the data catalogue is done (metadata). The work is further focused on modeling of new stereometric data by the help of tools GIS, which are relevant for agricultural economy. It is in the concrete about digital model of terrain (DMT), information about slope and slope orientation of terrain and the location of rainfall accumulation. There are determined positive and negative locations in the connection with production of grown crops. The end of the work contains critical assessment of all data and methodical procedures.

**Keywords:** geoinformation systems, geodatabases, digital model of terrain

## OBSAH

<b>Přehled použitých zkratk</b> .....	<b>8</b>
<b>Seznam obrázků a tabulek</b> .....	<b>9</b>
<b>1 Úvod</b> .....	<b>10</b>
<b>2 Úvod do problematiky (Literární rešerše)</b> .....	<b>12</b>
2.1 Vzorkování .....	14
2.2 Výnosové mapy .....	15
2.3 Dálkový průzkum země .....	17
2.5 Informační technologie v systémy precizního zemědělství .....	18
2.6 Bonitované půdně ekologické jednotky (BPEJ) .....	20
2.7 Prostorová interpolace .....	21
2.7.1 Metoda inverzních vzdáleností .....	22
2.7.2 Kriging .....	22
2.8 Digitální model terénu (DMT) .....	25
2.9 Modelování akumulace vody .....	26
<b>3 Metodika</b> .....	<b>28</b>
3.1 Sběr a úprava dat .....	28
3.2 Výnosové mapy .....	30
3.3 akumulace vody .....	42
<b>4 Výsledky</b> .....	<b>40</b>
<b>5 Diskuze a závěr</b> .....	<b>42</b>
<b>Seznam zdrojů informací</b> .....	<b>44</b>
<b>Seznam příloh</b> .....	<b>48</b>

## PŘEHLED POUŽITÝCH ZKRATEK

<b>GIS</b>	<b>Geographic Informatic systém</b> = geografický informační systém
<b>JPEG</b>	<b>Joint Photographic Experts Griuo</b> = standardní metoda ztrátové komprese používaná pro ukládání rastrového obrazu (využívá ji rastrový formát JPEG)
<b>DMT</b>	<b>Digitální model terénu</b> = představuje prostorový geometrický popis reliéfu terénu. Využije se v celé řadě aplikací, vizualizací terénu počínaje až po analytické úlohy.
<b>ESRI</b>	<b>Environmental Systems Research Institute</b> = společnost vyvíjející GIS software
<b>ČSN</b>	<b>Česká technická norma (Česká soustava norem)</b>
<b>BPEJ</b>	<b>Bonitovaná půdně-ekologická jednotka</b>
<b>DPZ</b>	<b>Dálkový průzkum země</b> = výzkum země pomocí leteckých a družicových snímků
<b>GPS</b>	<b>Global positioning systém</b> = vojenský družicový polohový systém
<b>SW</b>	<b>Software</b> = programové vybavení
<b>IDW</b>	<b>Inverse distance weight</b> interpolační metoda inverzní vzdálenosti
<b>TIN</b>	<b>Trianguled irregular network</b> = reprezentace povrchu pomocí nepravidelně rozmístěných bodů
<b>S-JTSK</b>	<b>systém jednotné trigonometrické sítě katastrální</b> = polohový systém využívaný český úřad zeměměřičský a katastrální
<b>WGS84</b>	<b>World Geodetic System 1984</b> = Světový geodetický systém 1984 definující referenční elipsoid, geoid a souřadný systém

## SEZNAM OBRÁZKŮ A TABULEK

Obr. 1	Výnosová a aplikační mapa.....	15
Obr. 2	Příklad teoretického semivariogramu.....	24
Obr. 3	Interpolace TIN.....	25
Obr. 4	Princip výpočtu směru odtoku z buňky.....	26
Obr. 5	Princip výpočtu akumulace vody.....	27
Tab. 1	Seznam BPEJ a kategorie cen.....	30
Tab. 2	Průměrné výnosy na sledovaném území v roce 2002.....	34
Tab. 3	Průměrné výnosy na sledovaném území v roce 2003.....	35
Tab. 4	Průměrné výnosy na sledovaném území v roce 2005.....	36
Tab. 5	Průměrné výnosy na sledovaném území v roce 2006.....	37
Tab. 6	Průměrné výnosy na sledovaném území v roce 2007.....	37
Tab. 7	Průměrné výnosy na sledovaném území v roce 2008.....	39
Tab. 8	Akumulace vody v kategoriích BPEJ.....	40
Tab. 9	Průměrné výnosy pšenice ozimé podle kategorií akumulace vody.....	40
Tab. 10	Průměrné výnosy řepky ozimé podle kategorií akumulace vody.....	41



## KAPITOLA 1

### Úvod

Geografické informační systémy (GIS) se stávají nedílnou součástí moderního zemědělství. Využívají prostorových dat pro určení nejvhodnějších postupů na snížení nákladů a zachování nejvyšších zisků v hospodářství. Pomáhají zpřesňovat množství aplikované energie a materiálu do půdy, při zachování maximální úrodnosti a nejmenším zatížením životního prostředí. A uplatňují se i při analýzách spotřeb pohonných hmot.

Motivací pro napsání bakalářské práce na toto téma byla zejména zajímavost daného tématu a jeho relativní neznalost z řad veřejnosti i zemědělců. Precizní zemědělství se donedávna aplikovalo pouze ve výzkumných stanicích a na malých územích. Podrobnější data o vlastnostech půdy se získávala pomocí analýz vzorků, které jsou velmi pracné a na velkých plochách těžko proveditelné. Teprve s rozvojem GIS se dají získávat informace i jiným způsobem a aplikovat metody do běžné praxe. V neposlední řadě svou roli sehrály i relativně snadno dostupné zdroje dat a informací, ze kterých práce čerpala.

Práce se pokouší nastínit možnosti sběru informací o půdě, výnosech jednotlivých honů i částí, které mohou pomoci určit spojitost mezi násobeností půdy živinami, vodou, případně půdní strukturou a úrodností polí. Nastihuje optimální postup při konstrukci výnosových map. Upozorňuje na problematiku spojenou se sběrem dat, výskytem chybových hodnot a jejich následnou korekci. Dále se zabývá možnostmi použití vhodné interpolace a následné vhodné interpretace výsledných map. Nastíněním vhodných softwarů určených pro tvorbu výnosových a aplikačních map, chce práce ukázat, jak velké možnosti spolupráce mají zemědělci s různými společnostmi, zabývající se danou problematikou. Byla vytvořena řada internetových databází, pomocí nichž může farmář získat rychlé interpretace jím získaných dat z polí.

Druhá část práce je zaměřena na využití poskytnutých datových podkladů pro tvorbu mapových výstupů, které by vymezily oblasti s různou úrodností a ukázaly tak heterogenitu zdánlivě homogenního pole. Heterogenita pole je vyjádřena pomocí měření okamžitého výnosu pěstované plodiny v různých částech pole. Výsledky výnosu byly porovnávány s bonitovanými půdně ekologickými jednotkami, které by stanovily heterogenitu uvnitř jednotek a tím poukázaly na jejich vymezení. Byly porovnávány oblasti náležící do stejného řádu bonitovaných jednotek. Cílem je nalezení takových oblastí, které spadají do stejného řádu bonitovaných jednotek, ale vykazují rozdílné průměrné okamžité výnosy. Dále pak jsou

porovnávají průměrné výnosy ve všech vyskytujících se bonitačních jednotkách, jejichž výsledky by mohly poukázat mimo jiné i na špatné ocenění půdy.

Pomocí modelu akumulace vody jsou vymezeny oblasti, ve kterých je zadržováno různé množství vody, které může ovlivnit správný růst a vývoj plodin. Při porovnání tohoto modelu s hodnotami okamžitého výnosu jsou hledány oblasti, které vykazují nejvyšší a nejnižší výnosy plodiny a leží v oblasti s odlišnou akumulací vody. Popřípadě zdali tato závislost opravdu existuje.

Mapovým výstupem jsou výnosové mapy za období 2002 až 2008. Dále je vytvořena mapa sklonitosti reliéfu, pomocí které byly vymezeny lokality s vyšší akumulací vody a které pomohly určit závislost výnosů na tvaru reliéfu.

## KAPITOLA 2

### Úvod do problematiky

V posledních desetiletích byla vydána celá řada knih zabývajících se různými náměty a okruhy problematiky precizního zemědělství. Za základní literaturu mohou být považována díla popisující základní principy precizního zemědělství. Jedná se především o sborníky z konferencí pořádané na území České republiky, ve kterých jsou sepsány články o precizním zemědělství, jeho vývoji a diskutované problematice. Jednotlivé články jsou zaměřeny na rozdílná témata tak, aby co nejlépe vystihly současné trendy. Jsou zde zaznamenány výsledky výzkumů prováděných na našem území a nastiňují možnosti dalšího vývoje precizního zemědělství. Tato literatura je vhodná pro získání základního přehledu o daném tématu, ale poskytuje i odborné informace o výzkumech.

Mezi základní literaturu dále můžeme zařadit bakalářské a diplomové práce psané na diskutované téma. Tyto práce jsou zpracovány především na zemědělských univerzitách, kde se na téma pohlíží především z pohledu co nejpřesnějšího sběru dat, ať už pomocí laboratorního vyhodnocování vzorků půdy či pomocí dat z výnosů. Některé práce se zajímají o správnou aplikaci hnojiv do půdy, vymezení hranic pozemků pomocí GPS a následné zpracování těchto dat. Nevýhodou je nedostupnost těchto děl veřejnosti a tím i velká neznalost řešených problémů.

Jednou ze základních informací je samotné pochopení pojmu precizní zemědělství, jehož základem je využití moderních technologií pro snížení nákladů a zajištění nejvyšší možné produkce na daném území. Farmáři se snaží již po staletí zajistit nejlepší péči obhospodařované půdě, ale teprve s nástupem vhodných technologií je toho dosaženo. Postupným scelováním pozemků došlo ke spojení různě úrodných polí (honu). I když si této heterogenity byli farmáři vědomi již dříve, nedokázali aplikovat vhodné množství živin s dostatečnou přesností a tím docházelo k nadměrnému hnojení v oblastech s vyšší úrodností a k degradaci živin v méně úrodných částech pozemku. Teprve s využitím moderních technologií doplněných přesnou navigací je možné aplikovat přesně potřebné množství živin ochranných a podpůrných prostředků do přesně stanovené oblasti podle úrodnosti (Balík et. al., 2000). Tím dochází k eliminaci přehnojování, které poškozovalo životní prostředí. Při přehnojení docházelo k akumulaci hnojiv v půdě a následnému splavení do říčních toků, které způsobily změny v ekosystému a následně k úhynu živočichů.

Velmi dobře napsal definici precizního zemědělství také Lipavský (2000): „Jde o hospodaření na půdě využívající možnosti současných informačních technologií. Hospodaření, které využívá podrobné, prostorově orientované, lokálně specifické informace o půdě a plodinách k zpřesnění vstupů podporujících produktivitu plodin.“ Od dosavadního hospodaření je rozdíl v pohledu na jednotlivé pole (hony). V precizním zemědělství se na hon dívá jako na heterogenní plochu, kde jsou vymezeny oblasti s vyšší a nižší úrodností. Naopak v dřívějších metodách hospodaření se na hon dívalo, jako na homogenní plochu (Lipavský, 2000).

Podle Hermanna (2002) jde v precizním zemědělství hlavně o využití optimálního množství vstupních nákladů na správném místě a ve správný čas. Ale precizní zemědělství by se nemělo chápat pouze jako využívání nových technologií, ale jde především o získávání dat a jejich odborné zpracování pomocí nových technologií. (Vande Heuvel, 1996, Cit in Herman, D.F., 2002)

Nejnovější poznatky o nových technologiích jsou velmi často publikovány v odborných časopisech zabývajících se zemědělstvím. Mezi tyto časopisy se řadí mezinárodně uznávané časopisy jako je Springlink či české časopisy Zemědělec, Úroda či Farmář. Jsou zde publikovány články od českých odborníků zabývajících se precizním zemědělstvím, ale také od firem, které se snaží získat zájem o nabízené služby. V neposlední řadě je nutno se zmínit i o internetových zdrojích. Jedná se především o internetové stránky firem poskytující služby v precizním zemědělství. Tyto firmy poskytují zemědělcům veškerou mechanizaci a zařízení potřebné pro sběr dat, variabilní hnojení, ale i poradenské služby a samotné vyhodnocování získaných dat.

Velmi zajímavé výsledky publikuje výzkumný ústav rostlinné výroby v Ruzyni, který provádí výzkumy řadu let na dvou pokusných polích o celkové rozloze 14 ha. Jejich poslední výzkumy ukazují vliv reliéfu na výnosu. Na polích byla prováděna měření od roku 2003 do roku 2008. Pomocí DMT byl vytvořen model akumulace vody a následně porovnán s výnosy. Výsledky byly překvapující. Zjistila se větší závislost reliéfu, spojená především s redistribucí vody vzniklá díky přirozenému odtoku vody pomocí gravitace. Tato závislost je vyšší v suchých rocích než v letech bohatých na srážky. Tyto výsledky jsou v mnoha výzkumech zcela protikladné. Halvorson a Doll (1991, Cit. In KUMHÁLOVÁ, 2008, s.261) došli k závěru, že výnosy půd jsou méně ovlivněny topologií v suchých letech než ve více deštivějších. Přisuzují to malému množství vody, kdy již nemohlo dojít k redistribuci pomocí topologie. Naopak Simmons a kol. (1989, Cit. In KUMHÁLOVÁ, 2008, s.261) došel ke stejnému závěru jako výzkumný ústav v Ruzyni.

Také Kravchenko (2003) se zabýval vlivem topografie na velikosti výnosu. Pokusy prováděl během čtyřletého období, kdy vymezil oblasti s vyšší úrodností v oblastech s nízkou sklonitostí reliéfu. V oblasti s vyšší svažitostí byly nalezeny rozdíly ve výnosech, a tak nelze prokázat přímou závislost reliéfu na výnosech. Tento autor dále popsal velikost různých faktorů na variabilitě výnosů a došel k závěrům, že půdní vlastnosti se podílejí na variabilitě výnosů

průměrně 30 % ( od 5 do 71 % v závislosti na sledovaném území). Topografie se podílí v průměru 20 % (od 6 do 54 %) a oba dva faktory dohromady v průměru 40 % (10 až 78 %) na variabilitě výnosů (Kravchenko b, 2000). K podobným závěrům dospěl i Persson et al. (2005), kteří popsali vliv topografie na variabilitu výnosu až 20 %.

Za významné zdroje informací o výzkumu v oblasti precizního zemědělství možno považovat mezinárodní konference o precizním zemědělství, kde jsou probírány veškeré otázky a problémy v daném oboru. Tyto konference byly pořádány v Minneapolis, Minnesotě v USA v roce 1992. V Evropě byly konference zahájeny na univerzitě ve Warwicku ve Velké Británii v roce 1997. Konference se opakují ve dvouletých cyklech v různých státech Evropy. Poslední šestá konference se konala v Řecku v roce 2007. Z konferencí byly vypracovány sborníky, ve kterých jsou publikována veškerá diskutovaná témata.

## 2.1 Vzorkování půdy

V dnešní době se prostorová variabilita pole určuje komplexním vyhodnocováním dat o půdě. V první řadě se jedná o data získaná laboratorní analýzou vzorků půdy. Vzorky půdy jsou odebírány většinou v šestiletém cyklu pro kontrolu úrodnosti nebo pro stanovení vybraných složek půdy, které přímo ovlivňují produkci. Jedná se především o vyhodnocení obsahu dusíku, kvality humusových látek, sorpčních vlastností, fyzikálních vlastností půdy a dalších. (Němeček, 2000)

Vzorkovací místa jsou podrobně mapována a zaznamenávána jejich poloha pomocí přístrojů GPS. Velmi důležitým parametrem je hustota pořizovaných vzorků, ale také tvar vzorkování. S vyšší hustotou vzorkování dochází ke snižování variability sousedních vzorků. Pro relativně vysoké pořizovací náklady byl kladen důraz na snížení počtu vzorků a stanovení optimální hustoty vzorkování. Vznikla tak celá řada modelů pro optimální pořizování vzorků, například Posknee a Boydell (1995, Cit. In Brodský, 2000, s.24) navrhli hustotu sítě 100 x 100 metrů, Frazen a Peck (1995, Cit. In Brodský, 2000, s.24) zase síť 70 x 70 metrů. Wollenhaupt et al.(1994, Cit. In Brodský, 2000, s.24) stanovil, podle vzorků získaných z pravidelné sítě 32 metrů, optimální hustotu vzorků menší než 90 metrů.

Vzorky byly zpočátku odebírány ze sítě pravidelného tvaru (čtverec, obdélník, kosočtverec), ale později se od tohoto způsobu ustupuje. Brodský (2000) velmi dobře popsal způsoby vzorkování půdy a možnosti geometrického rozložení bodů vzorkování. Mimo jiné poukazuje také na důležitost správné volby rozvržení vzorků na sledovaném území a na rozdílné výsledky při chybném rozvržení bodů vzorkování.

Pro vysoké pořizovací náklady spojené s vysokým počtem vzorků, byly hledány ekonomičtější způsoby analýzy vzorků. Při existenci jiných zdrojových informací (staré půdní mapy, výnosové mapy, letecké snímky) lze pomocí GIS stanovit zóny odběru, jejichž plocha je považována za homogenní a provede se z této oblasti pouze jeden odběr vzorku. Ve většině případů bohužel tyto zdrojové informace nejsou k dispozici.

V dnešní době se od tohoto způsobu získávání dat spíše upouští, pro stále velmi vysoké náklady. Nevýhodou je také dlouhá pořizovací doba a problematika s odběrem dat. Data byla odebírána převážně manuálně. Proto byl vytvořen ve státě Ohio (USA) mobilní stroj na odběr vzorků pomocí trubek nebo šnekových dopravníků (Rybka,1998).

Tato metoda přesto poskytuje velmi důležité údaje o půdě a její velkou výhodou je získání dat za více ukazatelů charakterizujících vlastnosti půdy. Je také nezbytná pro správné určení nedostatečného množství živin v půdě potřebných pro správný růst rostlin. Bez správné analýzy obsahu látek v půdě, může dojít k aplikaci nesprávného množství hnojiv do půdy.

## 2.2 Výnosové mapy

Jedním z klíčových nástrojů precizního hospodaření je mapování výnosů pomocí strojů sklízějících úrodu. Stroje jsou vybaveny výnosovými senzory a softwarem pro obrazovou analýzu, které umožňují další zpracování dat včetně statistického zpracování. Dále umožňuje změřit a zaznamenat výnosy v jakémkoli časovém úseku na poli společně s pozicí kombajnu (sklizeče). Nejčastěji jsou zaznamenávány údaje v časovém úseku 3 až 10 sekund. Společně s výnosem jsou současně příslušnými senzory zaznamenávány další faktory, které mají vliv na snímání výnosu. Nejčastěji je zaznamenávána vlhkost zrna, šíře záběru a pojezdová rychlost kombajnu, někdy také sklon stroje při sběru dat. Všechny tyto faktory mohou ovlivnit velikost výnosu. Výnos je přepočítán na jednotku plochy (t/ha). Naměřená data jsou zpracována v palubním počítači a společně s údaji o pozici uložena na datových paměťových kartách. Data uložená na těchto kartách jsou přenesena do počítače vybaveného mapovacím SW a jsou z nich vytvořeny výnosové mapy. Na těchto výnosových mapách (obrázek č.1 ) lze identifikovat místa s vysokým nebo nízkým výnosem. V příští sezóně mohou být vstupy přizpůsobeny tak, aby bylo dosaženo maximální produktivity pole.

Nejčastěji se pomocí výnosových map upravuje množství hnojiv dodávané do půdy. Existují dva základní způsoby jak upravit množství hnojiv dodávaných do půdy při zajištění maximálních zisků. První metoda je založena na tom, že variabilita pole je přirozený jev, a proto u oblasti s nízkou produkcí nelze efektivně zvýšit jejich zisk. Mnohem výhodnější je naopak přihnojovat oblasti, kde jsou dosaženy dobré výnosové výsledky.

Obr.1 Výnosová a aplikační mapa



Druhá metoda je založena na opačném tvrzení a snaží se pomocí precizního zemědělství eliminovat variabilitu a tak dochází k vyššímu hnojení v oblastech s nižší úrodností a naopak v oblasti s vyšší úrodností jsou dávky živin sníženy, protože jich tolik oblast nepotřebuje. Tato strategie je však dlouhodobá záležitost.

V dnešní době jsou získávány informace o výnosech ze všech plodin. Nejpřesnější snímání je vyvinuto pro sběr obilovin, ale velmi dobrých výsledků je dosaženo i u brambor. Technologie se stále zdokonalují a poskytují nám stále přesnější informace.

Ve srovnání s cenou ostatních zemědělských vstupů není tento sběr dat drahý. Ačkoli je potenciální zisk mapování výnosů spojován spíše se sofistikovaným využíváním variabilních aplikačních technologií (hnojením a dalšími vstupy), ukazuje se, že je zde několik okamžitých výhod mapování výnosů. Na základě výnosových map různých polí a části pole je možné zlepšit výběr plodin, identifikovat problémy způsobené předplodinou, identifikovat výnosově slabé zóny, které nemohly být rozpoznány dříve, a provést jejich podrobnější průzkum.

Výnosové mapy obsahují informace o množství vyprodukované plodiny a může být důležitým nástrojem pro rozhodování managementu. Proto by měl být kladen velký důraz na správný sběr dat a jejich korekci, protože i při nejpečlivějším sběru dat dochází ke vzniku chyb (Robinson, Metternicht, 2005).

Pro eliminaci chybových hodnot jsou v první řadě důležité informace o zařízení, kterým byla data pořízena. Existuje řada strojů s odlišným systémem pro vyhodnocování okamžitého výnosu, které mají různou přesnost. Již samotný typ stroje nám může napovědět, jakou přesnost může od dat předpokládat.

Při sběru dat kombajny a žacími stroji dochází k několika druhům chyb, které nelze eliminovat přesnějším sběrem dat. Jedná se o chyby náhodné a systematické. Zatímco systematické chyby lze odstranit vhodnou kalibrací senzorů, oprava náhodných chyb je již problematičtější. Pro její odstranění by muselo dojít k opakovanému měření a jeho následnému zprůměrování, které však díky souvislému pohybu stroje po poli není možné. Proto jsou považovány náhodné chyby za minimální a jsou ignorovány (Rost, Klufová, [200-]). První skupinu tvoří chyby ovlivňující velikost okamžitého výnosu a do druhé patří poziční chyby způsobené absencí dat.

Pro tvorbu výnosových map je také velmi důležitá poloha jednotlivých snímaných hodnot, která je určována pomocí GPS (global position system). Počátkem 80. let byl původně pouze vojenský systém navigace zpřístupněn civilnímu sektoru. V roce 1900 byla do systému zavedena umělá chyba, která byla odstraněna až v roce 2000. Pro zpřesnění signálu byly budovány pozemní referenční stanice nazývané diferencní (DGPS), které zpřesnily signál na 1 až 5m.

V dnešní době se tyto pozemní stanice již využívat nemusí, protože byl rušivý signál odstraněn. Přesto dochází k chybám vzniklých řadou faktorů. Především rozmístění a počet

dostupných satelitů je pro zjištění přesné polohy rozhodující. Sběrací stroj má zabudován GPS přijímač, který snímá svou polohu každé 1–3 sekundy. Při zastavení, či otáčení stroje může dojít k zaznamenání polohy, aniž by bylo snímáno množství sebraných zrn. V takovém případě jsou data za výnos nulová, a proto jejich vypovídající hodnota je irelevantní. Datový soubor je o tyto hodnoty opraven pomocí vymazání z databáze.

Při srovnání vzdálenosti dvou po sobě následujících hodnot a průměrné rychlosti sklízecího stroje, se mohou vyskytnout data, která neodpovídají vzdálenosti při dané rychlosti stroje (body jsou příliš blízko nebo naopak příliš daleko při průměrné rychlosti sklízecí mlátičky). Beck a kol. (1999) stanovil limit pro vymezení chybných hodnot. Za chybné hodnoty lze považovat ty, jejichž dvojnásobná vzdálenost měřená podle průměrné rychlosti stroje je větší.

Při předpokladu, že rychlost sklízecího stroje nebude vyšší než  $3\text{m}\cdot\text{s}^{-1}$  ( $10,8\text{ km}\cdot\text{h}^{-1}$ ) a odchylky z GPS nepřesáhnou 5 m (odchylky způsobené rozmístění a počtem zachycených satelitů), jsou opraveny ty hodnoty, jejichž vzdálenost je větší než dvojnásobek maximální rychlosti stroje u dvou po sobě následujících bodů a dvojnásobek chyby vzniklé z GPS. Pokud tento předpoklad nesplňuje, jsou opět hodnoty ze souboru dat vymazány.

Další chyby způsobené špatnou lokalizací dat jsou hodnoty, které se vyskytují vně vymezené přesně určené hranice pole. Databáze se také opravuje pomocí vymazání těchto dat, které by pouze zkreslily vyhodnocení map a jejich oprava polohy není možná.

### 2.3 Dálkový průzkum Země

Jednou z nejnovějších metod analýzy půd je využití snímků pořízených dálkovým průzkumem země. Jedná se o bezkontaktní metodu, které získává prostorová data pomocí měření elektromagnetického záření dopadajícího na zemský povrch, které je každým objektem pohlcováno a odráženo zpět do prostoru. Dálkový průzkum využívá znalosti průběhu spektrální křivky, která je pro jednotlivé objekty pokryvu odlišná. Pomocí radiometrů je měřeno odražené elektromagnetického záření dopadající na detektor. Díky vynalézání novějších technologií dochází k získávání stále přesnějších informací. Při rozlišovací schopnosti  $10 \times 10\text{ m}$  se získá ze souboru 100 bodů na hektar a při rozlišení  $1 \times 1\text{ m}$  pak 10 000 bodů (Brodský, 2000). Jeho nespornou výhodou je získávání dat bez přímého kontaktu s danou oblastí při velmi dobrých rozlišovacích schopnostech. Nevýhodou je vysoká cena získaných dat, a proto se tato metoda používá spíše pro vědecké účely. Její další nevýhodou je poměrně dlouhá doba mezi pořízením dat a jejich zpracováním a praktickým použitím. Při použití leteckého snímání lze tuto dobu zkrátit na 1-2 dny, avšak při využití satelitních snímků se doba odhaduje na více než 14 dnů.

Využívání DPZ v zemědělství má velký potenciál, ale v současné době má tato metoda řadu problémů. Základní myšlenkou byla snaha o vytvoření katalogu obsahující charakteristiky plodin v určité fenofázi. Pro velké množství vlivů ovlivňující odrazové vlastnosti rostlin je

velmi obtížné stanovit obecně platné hodnoty odpovídající jednomu druhu rostliny. V současné době lze pomocí DPZ odlišit dvě odrůdy stejné plodiny za stejných stanovištních podmínek. Moran, Inoue a Barends (1997) považují využití leteckého snímkování pro precizní zemědělství za vhodné a to převážně pro monitorování sezónní proměnlivosti půdních a rostlinných podmínek. Seelan et al. (2003, Cit. In. Šafář, 2007?) shledává velký potenciál ve využívání DPZ pro velký počet uživatelů. Dále poukazuje na nenahraditelnost ostatních metod získávání informací o půdě. Také použití spektrálních pásem je nejednotné. Používá se standardní červené pásmo (630-690 nm) a blízké infračervené (750-900 nm). Často se také používá kombinace těchto dvou pásem nejčastěji pro stanovení obsahu dusíku v rýži (Zhang et al., 2006, Cit. In. Šafář, 2007?). Další výzkumy se snaží nalézt vhodnější spektrální pásmo, které by nejlépe vyhovovalo daným požadavkům. Ferwada, Skidmore a Mutanga (2005, Cit. In. Šafář, 2007?) stanovili nejvhodnější pásmo pro sledování dusíku v rostlinách na vlnových délkách 1770 nm a 693 nm.

Snímkování se v praxi používá hlavně pro rozlišení druhu plodin, určení výnosu či stavu rostlin (obsah vody, chlorofylu, biomasy, pokryvnost asimilačního aparátu). Velmi dobře lze pozorovat také zaplevelení, díky charakteristickým spektrálním projevům každé rostliny. Přesto že se tyto křivky značně liší v závislosti na okolních podmínkách, jsou zde dosahovány dobré výsledky. Při snímkování obilovin po odnožení, lze vytvořit plán pro optimální hnojení a dosáhnout tak okamžitých finančních zisků. Evropská unie podporuje mezinárodní projekt „Marz“, který pomocí DPZ odhaduje výnosy polí a kontroluje tak dotace pro hospodáře, kteří musejí vykazovat velikost úrody.

#### **2.4 Informační technologie v systému precizního zemědělství**

Jedním z hlavních cílů rozvoje informačních technologií v precizním zemědělství je zabezpečení vhodného informačního a komunikačního kanálu pro komunikaci v oblasti sběru a zpracování dat, poradenství a služeb. K tomu, aby jednotlivé oblasti byly poskytovány na nejvyšším stupni a zcela profesionálně, je nutno zajistit sběr a výměnu informací mezi spolupracujícími subjekty. V současné době je nejslabším článkem celého přenosu dat právě získání a přenos informací. Mobilní telefony značně usnadnily komunikaci mezi řídicím pracovníkem a pracovníky v terénu, kteří provádějí sběr informací nebo již provádějí dle zpracovaných dat konečné aplikace. Dalším slabým článkem samotné komunikace se zákazníkem je přenos dat, které zákazník využívá pro řízení výživy rostlin. Marketinkový průzkum trhu v České republice, který byl proveden v rámci projektů IST 1999-21056 WIRELESSINFO, IST-2000-28177 PREMATHMOD a QE 1104 NAZV ukázaly nedostatečné používání a využití informačních technologií pro řízení procesů v rostlinné výrobě i když za poslední tři roky používání informačních technologií zaznamenal v zemědělské výrobě velký rozvoj. Principy precizního zemědělství postupně vedou podniky služeb a konečné uživatele k využívání informačních technologií pro sběr dat, přenos dat a jejich další zpracování a využití.

Dnes máme moderní techniku používanou v rostlinné produkci vybavenou celou řadou systémů pro sběr dat a zaznamenávání jejich činnosti od mnoha výrobců. Bohužel, donedávna jednotlivé systémy spolu nekomunikovaly a výměna dat mezi těmito systémy v rámci jedné farmy bez datového odborníka byla zcela nemožná. Uživatel těchto technologií byl tak postaven před úkol při zavádění systému precizního zemědělství, držet se pouze jednoho výrobce a jeho značky, bez ohledu na to, jestli tento systém zahrnuje všechny jeho požadavky včetně podpory nebo ne. V krajním případě mohl vyhledat servisní společnost, která dokáže pracovat s daty několika systémů. Tato situace se za poslední 2 roky začíná měnit a jednotliví výrobci začínají spolu více spolupracovat a otevírat své informační systémy pro sběr, zpracování dat a využití tak, aby uživatel mohl používat více systémů najednou bez větších překážek. Rovněž marketingová strategie výrobců informačních technologií v zemědělství je zaměřena na poradenské společnosti a podniky služeb, které mohou zajistit dostatečnou podporu jednotlivým uživatelům v prvovýrobě pro jejich polní techniku. Tudíž vytváření jednotné databáze dat a její další rozvoj je tímto krokem zabezpečen.

Jinou otázkou se v tomto případě stává umístění této databáze na takové místo, aby byla přístupna všem jejím uživatelům a správci. Jedno z řešení je umístit tuto databázi na velkokapacitní datový server a zpřístupnit data pomocí internetu na webové stránce. Uživatel má tak přístup k jednotlivým informacím pod svým jménem a heslem. Využití takto umístěné databáze závisí na uživatelském připojení, a to buď pomocí modemu a telefonní linky, nebo bezdrátového připojení a přenosu dat. Toto připojení nabízí možnost pracovat s touto databází jak v polních podmínkách, tak i v kanceláři, či doma. Praktickou ukázkou takového systému je PREFARM MapServer. Ten se stává velmi silným nástrojem pro management a využití dat precizního zemědělství na podniku. Pomocí internetu se mnohem snadněji získá potřebná služba v podobě doporučení ve výživě plodin, počasí, řízení podniku nebo zpráva ze současné situace na trhu s komoditami. Avšak základní podmínkou pro získávání informací touto cestou, je minimální znalost ovládání a využívání informačních technologií, prostředí internetu a systému pro precizní zemědělství při běžné denní práci v řízení na podniku či farmě.

Hlavní důraz pro sestavení databáze a propojení databáze k prohlížení pomocí MapServeru (obrázek 6) byl dán na jednoduchost ovládání dat a přijímání jednotlivých informací pomocí počítačové myši. Rovněž také tento produkt není vázán na nákup dalšího SW, ale uživatel pracuje pouze s internetovým prohlížečem.

Další významnou firmou poskytující služby precizního zemědělství je firma AGRALL, která poskytuje služby mimo jiné i ZD Krchleby, které nám poskytlo část svých dat o výnosech polí. Tato firma používá pro vyhodnocení dat program Agromap. Tento program splňuje veškeré požadavky zemědělce pro vytvoření dostačující výnosové a následně aplikační mapy. Data o výnosech jsou interpolována pomocí metody kriging, která patří v současné době k nejpoužívanějším metodám v precizním zemědělství. Nevýhodou programu je absence ostatních metod interpolace, ale i neschopnost tvorby výnosové mapy více polí najednou. Z pohledu kartografa jde o program s dosti omezenými možnostmi.

Nepodporování konkurenčních formátů dat je ze strany firem vyvíjejících SW pochopitelné, ale pro uživatele dosti problematické pokud chce začít spolupracovat s jinou firmou a nechce začínat výzkum od začátku.

## 2.5 Bonitované půdně ekologické jednotky (BPEJ)

BPEJ je pětimístný číselný kódem, kterým jsou charakterizovány klimatické regiony, hlavní půdní jednotky, sklonitost a expozice, skeletovitost a hloubka půdy, jež specifikují pozemek (vyhláška č. 327/1998 Sb., 1998). První číslice kódu představuje klimatickou oblast, do které jednotka náleží. V tomto případě leží celé sledované území v kategorii 5, jedná se tedy o region MT2, který představuje mírně teplou, vlhkou a nížinatou oblast s průměrnou roční teplotou dosahující 7,8 °C, ročním úhrnem srážek okolo 550 až 700 mm a délkou suchých vegetačních období od 15 do 30 dní. Následujícím dvojčíslicím je charakterizována oblast s příbuznými vlastnostmi, které jsou určovány genetickým půdním typem, subtypem, půdotvorným substrátem, zrnitostí, hloubkou půdy a stupněm hydromorfismu. Hlavní půdní jednotky jsou zařazeny do 78 kategorií od neúrodnější po nejméně úrodnou půdu. Čtvrtá číslice kódu charakterizuje sklonitost a expozici ke světovým stranám. Poslední číslice představuje skeletovitost a hloubku půdy (vyhláška č. 327/1998 Sb., 1998).

Ve většině případů se nachází na sledovaném území hnědé půdy středně kyselé až kyselé, kde se pH pohybuje v rozmezí od 4,6-5,2. Hnědé půdy (kambizemě) představují typický půdní typ v mírně teplém a mírně vlhkém podnebí oceánského a oceánsko-kontinentálního rázu. Mateční hornina je různorodá, převažuje však nekarbonátová. Jedná se o půdy hluboké až velmi hluboké, což také potvrzují informace v Příloze 2. Největší vliv na vlastnosti půdy má především půdotvorný substrát a nadmořská výška. Na těchto půdách se dobře daří řepce ozimé. Pšenice ozimá více vyhovují jílovité a slabě kyselé půdy.

Substráty půd obsahují většinou kyselejší metamorfované horniny, žuly, svory či sienity. Všechny kategorie BPEJ spadají do kategorie středně těžkých půd (hlinité), až na kategorii 5.32.04 a 5.32.11, kde se nalézají lehké půdy (písečné). Písečné půdy jsou lehce obdělávatelné, ale snadno propouštějí vláhu a slabě poutají živiny (Netopil, 1984). Naproti tomu ve středně těžkých půdách (písečno-hlinité) se podíl jílových částic pohybuje od 20 do 45 % a mají nejvhodnější podíl vzduchu a vody v půdě. Také její optimální soudržnost ji řadí k nejideálnějšímu půdnímu druhu pro většinu pěstovaných plodin. (Spišiak, 2005).

Na polích se nachází sklon svahu dosahující maximálně 12° a převažuje sklon svahu do 7°. Všechny kategorie BPEJ jsou středně hluboké až hluboké půdy, kdy se výška ornice pohybuje od 30-60cm u středně hlubokých a na 60cm u hlubokých půd. Většina území spadá do kategorie hlubokých půd, kde se hloubka půdy pohybuje nad 60 cm. Většina území má expozici všesměrnou, pouze 5.29.41 je orientována na jih. Půdy jsou cenově ohodnoceny podle průměrné úrodnosti. Nejvyšší odhadní cenu mají kategorie BPEJ 5.29.01, 5.29.11, 5.46.02 a 5.29.41.

Při oceňování BPEJ záleželo na všech složkách, který kód BPEJ obsahuje, především na genetickém půdním představiteli a hloubce půdy.

## 2.6 Prostorová interpolace

Prostorová interpolace slouží k odhadu průběhu spojitých veličin v libovolném bodě, jejíž hodnota je vypočítána na základě okolních měřených bodů. Tato metoda je nejčastěji založena na principu prostorové autokorelace - tedy na předpokladu, že hledaná hodnota se nejvíce přibližuje naměřeným hodnotám v její bezprostřední blízkosti. Při tvorbě interpolace je velmi důležitá správná volba metody interpolace a nastavení jejich příslušných parametrů. Pro správný výběr interpolace se provádí průzkumová (explorační) analýza, pomocí které se zjišťují základní informace o vstupních datech. Informace se získávají z histogramu, základní popisné statistiky včetně nalezené asymetrie či pomocí analýzy trendu. Dochází také k hodnocení odlehlých dat a jejich případnému odstranění. Na kvalitu interpolace má značný vliv rozmístění měřených bodů na sledovaném území. Sběr dat pouze v jedné části území má velmi zavádějící výsledky. Stejně tak jako přesné umístění bodů podle pravoúhlé mřížky. Nejvhodněji zvolené rozmístění bodů je náhodně rozprostřené body po celém sledovaném území (Rost, [200-]).

Metody interpolace můžeme rozdělit podle různých kritérií do několika kategorií. Například podle způsobu nakládání se vstupními daty se dělí na metody lokální a globální.

Globální interpolace vypočítávají okolí bodů na základě aplikace jedné funkce pro všechny měřené body. Využívají princip průměrování, redukují vliv bodů s extrémními hodnotami. Díky tomu jsou vytvářeny hladké povrchy bez náhlých zlomů. Tyto metody bývají využívány k vystižení obecných tendencí v měřených datech.

Globální modely interpolace lze dělit do dvou skupin, podle toho co představuje nezávisle proměnnou. První skupina se označuje jako analýza trendu (trend surface analysis). U těchto modelů nezávisle proměnnou představují pouze souřadnice měřených bodů interpolovaného atributu. Druhou skupinu tvoří tzv. regresní modely. Zkoumají vztahy mezi atributy, které jsou pro dané území známé či dají se snadno změřit a atributem, jehož hodnoty jsou pro danou plochu interpolovány. Mezi globální metody interpolace lze považovat analýzu trendu, fourierovy analýzy (Kraus, 2007).

Lokální metody interpolace aplikují stejnou funkci opakovaně na malou část měřených dat. Toto okolí představuje okolí interpolovaného bodu, jehož definování (velikost, tvar) je velmi problematické. Mezi lokální interpolace patří například: thiessenovy polygony, klouzavé průměry nebo kriging.

Podle předpokládané pravděpodobnosti zkraslení vstupních hodnot lze metody interpolace dále rozdělit na metody exaktní a aproximační. První zmiňovaná metoda při vykreslení interpolovaného povrchu zachovává hodnoty ve vstupních bodech. Použití je vhodné tehdy, je-li vysoká pravděpodobnost, že měřené hodnoty jsou nezkrasleny. V opačném případě je vhodnější použít metody aproximační, které předpokládají jistou míru zkraslení použitých dat. Vstupní

hodnoty jsou přepočítávány podle zvoleného algoritmu a více či méně se liší od hodnoty naměřené. Do této kategorie se řadí interpolace analýzy trendu, klouzavé průměry a všechny druhy založené na filtracích. Mezi exaktní metody interpolace se řadí line threading, thiessenovy polygony či kriging.

Dále se metody dělí na metody spojité a zlomové nebo na deterministické a stochastické. Pro precizní zemědělství se nejvíce osvědčily metody inverzních vzdáleností a kriging, které jsou nejčastěji využívány v tvorbě výnosových a aplikačních map.

### **2.6.1 Metoda inverzní vzdálenosti**

Metoda inverzní vzdálenosti (IDW) patří do kategorie lokálních interpolací, která využívá pro určení hodnot váženého průměru nejbližších změřených bodů, jejichž vzdálenost a tvar je předem zvolen. Váhy jsou určovány pro každý měřený bod, podle inverzní vzdálenosti daného bodu od odhadované hodnoty (čím blíže, tím má větší váhu). IDW zachovává měřené hodnoty, jedná se tedy o exaktní metodu interpolace, která se používá, je-li velká pravděpodobnost správnosti naměřených hodnot. Nevýhodou této metody je omezení výskytu extrémních hodnot pouze na změřené body. Tato metoda předpokládá dostatečné množství informací o vlastnostech daného jevu, které ho popisují matematickou funkcí. Nevytváří hladký povrch.

Při konstrukci IDW se nastavují tři základní parametry:

1. Síla (power) – Pomocí které nastavíme velikost vlivu naměřeného bodu na interpolovanou hodnotu v její blízkosti. Čím vyšší hodnota je zvolena, tím mají blízké body vyšší váhu a
3. Při zvolení proměnného (variable) okolí, každý bod může mít rozdílnou velikost okolí. Je nastaven pouze minimální počet hodnot, kterých je zapotřebí při interpolaci. Lze také nastavit maximální poloměr, do kterého jsou hodnoty hledány. Při nenalezení minimálního počtu hodnot o této vzdálenosti je počítáno s méně naměřenými hodnotami (Bravený, 2008).
4. Pro realističtější průběh interpolace je možné nastavit bariéry, které představují například průrvu nebo jinou překážku. V takovém případě, jsou brány při výpočtu jen ty hodnoty ležící na stejné straně překážky (Bravený, 2008).

### **2.6.2 Kriging**

Nejpoužívanější interpolační metodou v precizním zemědělství je kriging (Burrough a McDonnell, 1998), který vymyslel Georgesem Matheronem jako "teorie regionalizované proměnné" a D.G.Kriggem jako optimální interpolační metoda pro báňský průmysl. Metoda stanovuje odhad hodnot na základě naměřených dat tak, aby chyba odhadu byla minimální. Jedná se o stejný typ odhadu koeficientů vah jako u metody inverzních vzdáleností, s tím rozdílem, že váhy u IDW záleží pouze na vzdálenosti od předpovědního místa. Naproti tomu u krigingu závisí váhy na semivariogramu, vzdálenosti od předpovědního místa a prostorových vztazích okolo místa předpovědané hodnoty. Při správné volbě koeficientů, kdy diference mezi

odhadovanými a měřenými hodnotami je v průměru rovna nule, lze tuto metodu považovat za nestrannou (Hamouz, 2005).

Metoda dále pracuje s předpokladem stacionarity, kdy prostorová proměnlivost zkoumaných dat je závislá na vzdálenosti míst a nikoliv přímo na lokalitě měření. Mezi další předpoklady patří shodnost kovariance a rozptylu rozdílů mezi dvěma od sebe stejně vzdálenými místy, bez ohledu na lokalitu těchto míst.

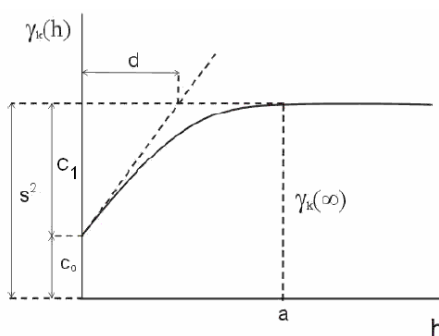
Tvorba variogramu je nezbytnou částí příprav před interpolací. Vytvořený graf popisuje vnitřní prostorovou závislost zkoumané veličiny a s jeho pomocí lze snadno nalézt hodnoty parametrů potřebné pro správnou interpolaci. Nejčastěji je určován pomocí výběrového variogramu, který je určen druhou mocninou rozdílu měřených dat pro všechny dostupné vzdálenosti. Pokud graf nezachytil prostorovou závislost, může se jednat o chybu vzniklou díky nízké intenzitě vzorkování. Ta může být způsobena nedostatečnou hustotou vzorků nebo nevhodnou velikostí vzorkovacích ploch (Kraus, 2007).

Semivariogram lze odhadnout z naměřených dat použitím následujícího vztahu

$$\gamma(x_i, x_j) = 1/2 \text{var}(Z(x_i) - Z(x_j))$$

kde var značí rozptyl. Jestliže jsou body  $x_i$  a  $x_j$  blízko sebe, bude rozdíl hodnot studované veličiny  $Z(x_i)$  a  $Z(x_j)$  malý. S růstem vzdálenosti jsou si body méně podobné. Po překročení určité vzdálenosti semivariace již neroste a zůstává konstantní. Vzdálenost, od které se semivariogram již nemění, určuje tzv. práh (sill) a je roven rozptylu zpracovávaných dat. Po překročení kritické hodnoty vzdálenosti se křivka semivariogramu stává rovnoběžnou s vodorovnou osou. Tento parametr se označuje jako dosah (range).

Velmi často semivariogram protíná horizontální osu v nenulové hodnotě, přesto že by tomu tak být nemělo (nulová vzdálenost mezi body by měla značit i nulový rozdíl sledovaných hodnot). Tento parametr je nazýván zbytkový rozptyl (nugget variace) a může ukazovat na malou přesnost měření, kdy jsou v datech obsaženy dva vzorky, které mají stejnou polohu, ale odlišnou velikost sledovaného jevu. Jedná se tedy o vyjádření náhodného šumu (Kraus, 2007).



Obr.2 Příklad teoretického semivariogramu – sférický model.

Parametry semivariogramu:  $a$  - dosah (range),

$d$  – rozpětí,  $c_0$  - zbytkový rozptyl (nugget),

$c=c_0+c_1$  - práh (sill),  $h$  – lag (krok vzdálenosti)

zdroj: VÚRV Ruzyně

Z obrázku jsou patrné všechny parametry, které hrají roli při provádění interpolace kriging. Na horizontální osu je vynášena vzdálenost  $h$  mezi vstupními body interpolovaného povrchu

(tzv. lag), na vertikální ose rozptyl zkoumané proměnné, jako funkce vzájemných vzdáleností jednotlivých měřených bodů. Mezi takto vynesené body se vkládá křivka mající charakteristický tvar.

### Typy krigingu:

*Ordinary kriging (běžný)*: jedná se o základní a nejpoužívanější typ krigingu

*Simple kriging (jednoduchý)*: Předpokládá konstantní průměr povrchu, veškeré variace jsou statistické a žádný zásadní trend. Dále se předpokládá, že průměr hodnot je na celé ploše předem známý. (Brodský, 2003).

*Universal kriging (Univerzální)*: “ V případě nesplnění podmínek stacionarity průměrné hodnoty a strukturální funkce je nutné použít univerzální korigování. Prostorová proměnná je pak považována za součet dvou komponent – trendu (driftu), který určuje průměrnou hodnotu v tomto místě, a reziduí. Po výpočtu trendu lze získat hodnoty rezidua odečtením hodnoty trendu v daném místě od skutečné hodnoty“ (Bravený, 2008).

*Cokriging (vzájemný kriging)*: Při vzájemné závislosti více zkoumaných veličin, je možné použít tzv. cokriging. Odhad je prováděn pomocí hodnot korelovaných veličin a jejich vztahů popsaných pomocí vzájemného semivariogramu (cross-variogram). Tato metoda lze použít, pokud jsou k dispozici hodnoty z přímého měření veličiny a zároveň veličiny, stanovené jiným způsobem (nejčastěji levnějším) a je jich mnohem více.

Po pečlivém zvážení a prozkoumání všech typů krigingu, byla stanovena optimální metoda pro interpolaci výnosových dat ordinary kriging s lineárním semivariogramem. Stanovení nejpřesnější interpolační metody, která lépe vystihuje reálné rozložení sledované veličiny, je velmi obtížné. Jednou z možností kontroly odhadu je sledovat odchylky od skutečných hodnot pomocí ověřovacích dat, která nebyla zahrnuta při interpolaci dat (Heisel et al., 1996; Brodský, 2003; Cit. In. Hamouz, 2005). Další možností porovnání interpolačních metod je využitím metody Cross-Validation. Metoda postupně odstraňuje jednotlivé body měření ze základního souboru a vypočítává odhad v místě odstraněného bodu. Výsledná hodnota je pak porovnávána s naměřenou hodnotou (Hamouz, 2005).

Za nejvhodnější interpolační metodu používanou v precizním zemědělství považuje Roste a Klufová [200-] metodu krigingu a IDW. Dále popisuje problémy spojené s interpolací, které vznikají již samotným sběrem dat, kde je nutné zjistit jejich přesnost popřípadě odstranit vzniklé chyby.

K zajímavým výsledkům dospěl A.N. Kravchenko (2003), který srovnával metody interpolace krigingu a IDW jako nejčastěji používané metody v precizním zemědělství. Z jeho práce vyplývá několik zajímavých výsledků. Pokud máme sestaven variogram pro určení vstupních parametrů interpolace krigingu, pak je výhodnější zvolit tuto metodu před IDW. Naopak pokud variogram nebude vytvořen, může dojít vlivem velkých vzdáleností mezi sousedními body k chybám a je proto metoda IDW mnohem vhodnější. Při použití dostatečného množství vstupních dat vyskytujících se blízko sebe, není volba interpolace důležitá, protože

obě tyto metody vytvoří stejný povrch. Shrňeme-li tyto poznatky, dojdeme k závěru, že je vhodnější použít IDW při malém množství vstupních dat i u vzorků, která jsou od sebe příliš vzdálená.

Také Brodský (2003) porovnával šest nejčastějších metod interpolace využívaných v precizním zemědělství. Došel k závěrům, že nejlepšími výsledky je dosaženo pomocí metody kriging s modelovým variogramem a také pomocí metody Inverse Distance Weighting. Stanovil nejvhodnější parametr  $p$  (power) na hodnotu 2.

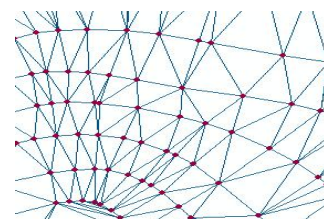
Robinson, Metternicht (2005) velmi dobře popsali problematiku korekce dat a vhodné použití interpolace. Poukazuje na chyby, které mohou vzniknout při sběru dat a možnosti jejich oprav. Velmi často vychází z děl od Blackmoora, Moora a Marshalla. Jako nejvhodnější interpolace shledávají kriging a IDW.

## 2.7 Digitální model terénu (DTM)

Digitální model terénu slouží k popisování, modelování a analýzování jevů souvisejících s topografií a reliéfem terénu (Bayer, 2008). Jedná se o moderní způsob ukládání dat o zemském povrchu, který je popisován geometrickými i negeometrickými daty. I v současné době je velmi obtížné zobrazit krajinný reliéf, který by odpovídal skutečnosti. Na rozdíl od polohopisných dat, která lze velmi přesně stanovit, je výškopis stále problematický.

V současné době jsou modely terénu hojně využívány a nástroje pro jeho analýzu a tvorbu se stávají běžnou součástí softwarů pro GIS. Digitální modely terénu se využívají především pro analýzu modelování vrstevnic, identifikaci hřebenů a údolnic, orientaci a expozici svahů, atd. Pomocí těchto indikátorů lze získat cenné informace o povrchu terénu. Pro tyto analýzy se využívají tři typy modelů:

1. Rastrový (gridový) model, který sledované území rozdělí do jednotlivých buněk (pixelů) o stejné velikosti. Celá buňka má hodnotu odpovídající výšce na daném území. Pro celou plochu buňky je tedy stanovena stejná hodnota výšky. Gridové modely jsou označovány jako DEM (Digital Elevation Model) a vznikají převážně z leteckých a družicových dat nebo pomocí radarové interferometrie (Martínek, et.al, 2007).
2. Lattices, tento model má uloženy hodnoty výšky jen v některých buňkách a výšky ostatních buněk jsou na základě interpolace vypočítány z okolních známých hodnot a jejich vzdálenosti od hledané buňky.
3. TIN (Triangular Irregular Network) reprezentuje povrch prostřednictvím spojitých, nepřekrývajících se trojúhelníkových plošek. Pouze vrcholy (uzly) mají známou hodnotu výšky. Plochu trojúhelníka představuje rovinná plocha nebo jí lze přiřadit křivost, která je vypočítána pomocí. Body by měly probíhat v oblastech, kde je povrch více členitý, aby model co nejpřesněji vystihoval skutečný stav. (BRAVENÝ, 2008).

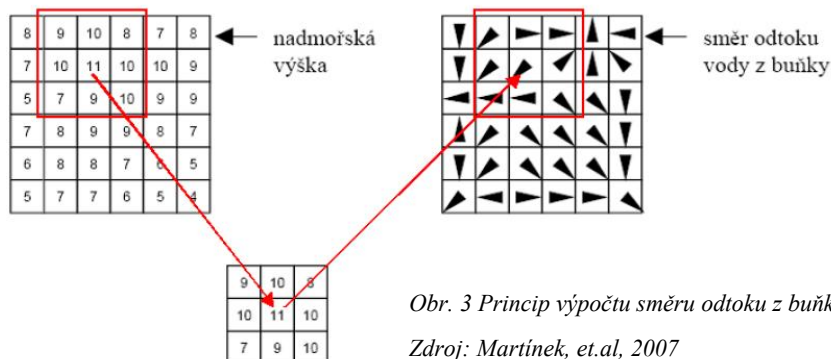


Obr.2 Interpolace TIN  
Zdroj: Bravený, 2008

Konstrukce modelu TIN lze několika způsoby. ArcGIS využívá metody Delaunayho triangulace. Tento algoritmus vytváří trojúhelníky co nejvíce rovnostranné a každá kružnice vedená vrcholy trojúhelníka nesmí zahrnovat vrchol jiného trojúhelníka (Martínek, 2007). Nejčastěji se vytváří DMT pomocí vrstevnic, popřípadě doplněné výškovými kótami. Rozhodující charakteristikou je interval vrstevnic. Při tvorbě DMT je zapotřebí uvědomit si v jakém rozlišení budeme pracovat s daným objektem a dostačuje-li interval vrstevnic. Obecně jsou tvořeny DMT ze stejně hustých nejlépe z vrstevnic, které mají menší interval, než je požadováno od DMT.

## 2.8 Modelování akumulace vody

Jedním z oblastí využití DMT je také hydrologické modelování. Velmi vhodné je jeho využití při absenci znalostí detailního polohopisu vodstva nebo za předpokladu, že voda stéká spádem po povrchu terénu. Hydrologické modelování z DMT má ale i své nevýhody. Jedná se především o chybové pixely rastru, které vznikají z jeho chybné polohy (leží níže nežli sousední). Tyto chyby vznikají při samotné konstrukci rastru, kdy jsou hodnoty interpolovány do čtvercové sítě. Při ponechání chybových hodnot by došlo k vykreslení nereálných prohlubní, ve kterých voda neodtéká a vytvářely by tak jakási jezírka (Bravený, 2008).



Obr. 3 Princip výpočtu směru odtoku z buňky

Zdroj: Martínek, et.al, 2007

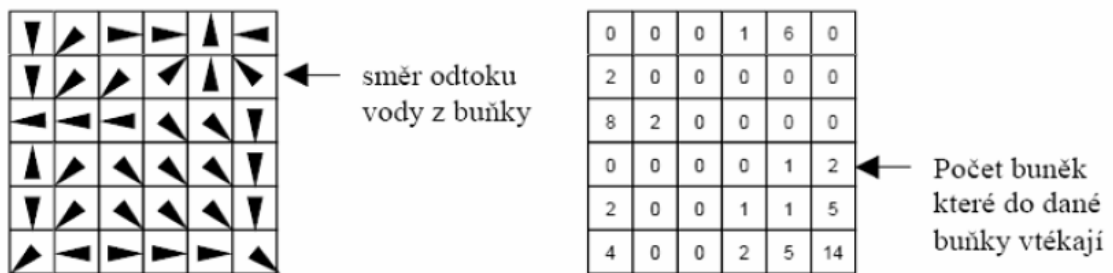
Obr. Princip výpočtu směru odtoku z buňky, Zdroj: Martínek, et.al, 2007

Oprava dat se provádí v programu ArcGis s využitím Flow direction rastr (směr odtoku buňky), který určuje směr spádnice v okolí buňky nacházející se ve středu čtverce o velikosti 3x3 (respektive 2x2) buňky. Postupným porovnáváním sousedních buněk s buňkou analyzovanou je nalezena nejmenší hodnota (největší záporný rozdíl mezi sousední a analyzovanou buňkou) (Bravený, 2008). Ve shodném směru se spádnicí je posléze určen směr odtoku vody z této buňky a uloží jej jako její hodnotu do nově vytvořeného rastru. (Martínek, et.al, 2007)

Z rastru směrů odtoků lze dále vypočítat chybové hodnoty rastru pomocí funkce Fill sink (deprese). V reálné krajině se vyskytují přirozené deprese zaplněné vodou, pokud známe lokality těchto depresí, můžeme je zahrnout při tvorbě DMT. Funkce fill sink takovéto deprese

nalezne a je jen na interpretovy jestli je posoudí jako chybové pixely nebo za přirozenou depresi. Pokud není dobře znám reálný terén, jsou tyto deprese většinou považovány za chybové a odstraňovány. Pokud známe deprese nalézající se na daném území, lze definovat oblast, kde se mají tyto deprese zachovat. Také lze nastavit minimální hodnotu buňky, kterou musí mít, aby byla deprese odstraněna (Bravený, 2008). Princip výpočtu rastru akumulace vody

Obr. 5 Princip výpočtu akumulace vody



Zdroj: Jedlička, 2002

Při modelování akumulace vody se využívá funkce Flow accumulation, která se vypočítává z Flow direction rastru. Algoritmus této funkce vypočítá pro každou buňku, z kolika okolních buněk do ní směřuje odtok vody. Po vygenerování budou buňky s nejvyššími čísly reprezentovat vodní toky. Model akumulace vody je využíván i při tvorbě říčních toků na složitějších modelech. Pomocí modelu akumulace vody lze stanovit množství srážek, které se na daném místě hromadí, nebo naopak na kterém území odteče většina podzemní vody vlivem spádu. Při kombinaci tohoto modelu s dalšími informacemi o sledovaném území, např. mapa geologického podloží, mapa průměrných srážek, lze docílit velmi přesných výsledků.

## KAPITOLA 3

### METODIKA

#### 3.1 Sběr a úprava dat

Pro účely sepsání této práce bylo využito několika zdrojů dat. V první řadě se jedná o soubor dat obsahující informace o lokálních výnosech na polích zemědělského družstva Krchleby, které tyto informace poskytlo za období 2002 - 2007. Data byla pořízena sklízecím strojem, obsahujícím palubní počítač a antény snímající přesnou polohu zařízení pomocí GPS navigace. Výnosy byly měřeny podle sledování okamžité hmotnosti plodiny, proudící strojem.

Data byla poskytnuta ve formátu *aft*, který není kompatibilní s programem ARCGIS od firmy ESRI. Proto byla poskytnutá data nejdříve upravena do vhodnějšího formátu. Soubory byly otevřeny v textovém programu (poznámkový blok) a následně zkopírovány a zařazeny do tabulky v programu Excel. Při exportování dat do formátu *txt* došlo ke ztrátě prostorové informace, kdy původní data obsahovala linii, spojující po sobě následující body a poskytovala tak jejich kontrolu. Proto po vytvoření vhodných sloupců v adekvátním formátu, byla vypočítána průměrná vzdálenost dvou po sobě následujících bodů, za předpokladu že hodnoty, zaznamenané v tabulce pod sebou byly pořízené po sobě, což dokazoval i záznam doby pořízení bodu. Vzdálenost bodů byla vypočítána podle jednoduchého vzorečku:  $s = v \times t$ , kde  $s$  je vzdálenost,  $v$  rychlost a  $t$  rozdílný čas mezi dvěma měřeními.

Po provedení všech úprav byla data uložena ve formátu *DBF4*, který se ukázal jako nejvhodnější a nejméně problematický ve srovnání se standardním formátem programu *xls*. Nejčastější chybou při načítání dat ve formátu *xls* do programu *ArcMap* bylo špatné načtení záznamů popřípadě k jejich nezobrazení, které znemožnilo následující práci.

Po správném načtení dat v programu *ArcMap*, byla data pomocí údajů o zeměpisné poloze vykreslena a zařazena do koordinačního systému *WGS 84* pomocí nástroje „GO to XY“ a následně transformována do souřadnicového systému *S-JTSK Krovak East North*. Po prozkoumání všech vygenerovaných vrstev, byly nalezeny duplicitní body se shodnou polohou, které vznikly ve stejném roce. Jednalo se o hodnoty, zaznamenané ve více souborech se všemi shodnými parametry. Předpokládá se tedy, že data, ukládaná do paměťové karty byla rozsáhlá a nevešla se na jednu kartu, a proto byla rozdělena do více souborů. Poté pravděpodobně došlo k jejich spojení, ale nedošlo již k vymazání dílčích souborů, které byly pro tuto práci také poskytnuty. Duplicitní hodnoty byly proto vymazány a s nimi i chybné hodnoty, které byly nalezeny pomocí atributu výnosu, rychlosti a vzdálenosti dvou po sobě následujících bodů.

Vymazány byly hodnoty výnosu rovny nule, které vznikly při zastavení stroje, a proto neodpovídají skutečnosti. Dále hodnoty v atributu vzdálenosti, které byly rovny nule nebo vyšší než 50 metrů. Předpokladem pro jejich vymazání byla domněnka, že nelze získat hodnoty

výnosu, pokud stroj neujel žádnou vzdálenost a zároveň hodnoty nad 50 metrů byly odstraněny z důvodu velké vzdálenosti, pokud víme, že GPS přijímač snímá polohu stroje průměrně každých 6 sekund. Po prvotním grafickém zhodnocení se tyto chybné hodnoty potvrdily. Pro účely dalšího zpracování byly tedy odstraněny. Výnosy plodin byly uloženy v tabulce pod názvem "t/ha". V tomto sloupci byla data uložena v jednotkách kilogramů a pro snadnější výpočty byl vytvořen nový sloupec, který nesl hodnoty v tunách. Při vytváření těchto nových sloupců bylo u roku 2008 zjištěn chybný převod jednotek. Program ArcGis stanovil desetinou čárku vždy za prvním číslem a tím došlo ke zkreslení hodnot, které byly vyšší než 10 tun a které se po převodu zobrazili jako 1 tuna. Pro zamezení tohoto problému byl proto rastr vypočítán se základními hodnotami uloženými v jednotkách kilogram. Nakonec byla opravená data uložena do personální geodatabáze (Personal Geodatabase) podle let vzniku.

Pro analytické procesy a lepší vizualizaci výsledků byl použit digitální model terénu ZABAGED (Bravený, 2008). Horizontální přesnost tohoto modelu dosahuje 1-10 m. Výšková přesnost se pohybuje v rozmezí od 1 do 5 m v závislosti na sklonu reliéfu, přehlednosti území a použité technologie mapování v dané oblasti. Digitalizované vrstevnice jsou vykresleny v intervalu po 2 m, ale v rovinných oblastech jsou doplněny o vrstevnice, které mají interval rozestupu 1 m. Jedná se o nejpodrobnější a nepřesnější databázi geografických dat na území České republiky.

Správně vytvořený digitální model terénu může velmi věrohodně zobrazit zkoumanou oblast. Pro tvorbu rastrového digitálního modelu terénu byly použity vrstevnice jako zdroj nadmořské výšky. Data pochází z databáze ZABAGED. Dále byla použita data vodních toků z databáze DIBAVOD také v měřítku 1:10 000, která jsou volně dostupná veřejnosti. Z vrstevnic byl vytvořen DMT v rastrové podobě pomocí nástroje Topo to raster, který je nejvhodnějším nástrojem převodu vektorových vrstevnic do rastru, který poskytuje software ArcGIS 9.3.

Dále byla využita data o bonitě půdy (BPEJ) v měřítku 1: 5 000 ve formátu shp (shapefile), poskytnutá výzkumným ústavem meliorací a ochrany půdy. Informace pomohly lokalizovat území s rozdílnou úrodností. Pro tyto oblasti byla následně zjištěna cena zemědělské půdy odvozená podle kategorií BPEJ, vydaná v příloze č. 22 k vyhlášce Ministerstva financí č.3/2008 Sb. s účinností od 1.2.2008, se změnami dle vyhlášky Ministerstva financí č. 456/2008 Sb. s účinností od 1.1.2009. Tato cena půdy nepředstavuje odhadní ani kupní cenu pozemku, nýbrž dle zákona o oceňování a tzv. oceňovací vyhlášky, se vychází z cen dle BPEJ, která je následně upravována podle velikosti obce či sousedících katastrálních území (vyhláška č. 327/1998 Sb., 1998)

### 3.2 Výnosové mapy

Pro stanovení výnosů plodin byla použita data o okamžitém výnosu plodiny pořízené při sklizni žacími stroji a kombajny. Data byla poskytnuta zemědělským družstvem Krchleby (ORP Čáslav), které od roku 2000 využívá metody precizního zemědělství a služeb firmy AGRALL, která zajišťuje sběr dat kombajny a následně vyhotovuje výnosové a aplikační mapy. Byly získány data za rok 2002, 2003, 2005, 2006, 2007 a 2008. Do analýzy vývoje výnosů nebyl zařazen rok 2004, jelikož data za tento rok byla poskytnuta nekompletní. Ve sledovaných letech se na polích pěstovala převážně pšenice a řepka ozimá. Pšenice ozimá je náročná plodina na teplotu, vymrzání a množství vody. Klíčí při teplotě 3-4°C a dozrává v červenci až v srpnu. Vyžaduje půdy strukturní, hrubší hlinité a jílovité s neutrální až slabě kyselou půdní reakcí, které jsou dobře zásobené živinami. Za nevhodné půdy jsou považovány písčité, kyselé a trvale zamokřené. Pšenice ozimá je vysévána na podzim. Růst plodiny se zastavuje při poklesu teploty na 0-5°C.

Řepka ozimá má vegetační dobu v našich podmínkách 300 až 340 dní, nejčastěji 320 až 330 dní. Je vysévána v srpnu. Nejlépe se jí daří na hlinitých půdách, které jsou dostatečně zásobeny vápníkem, hořčíkem a humusem. Při využití agrotechniky lze také pěstovat řepku na lehkých půdách. Nevhodné jsou půdy těžké, které mají sklon k hrdkovitosti.

Obě plodiny jsou vysévány na podzim (září říjen), kdy dochází k intenzivnímu růstu především kořenového systému, kam se soustřeďují zásobní látky. Tato fáze růstu končí v listopadu, kdy teploty klesnou k 5°C. Na jaře dochází k růstu nadzemní části plodiny při dostatečných teplotách a množství srážek. Plodiny jsou náchylné především na extrémní výkyvy teplot, především pokles teploty v období dubna – května.

**Tab.1 Seznam BPEJ a kategorií cen**

BPEJ	cena půdy v Kč/m <sup>2</sup>	kategorie
5.68.11	1,2	1,20 - 2,10
5.67.01	1,21	1,20 - 2,10
5.37.16	1,43	1,20 - 2,10
5.47.13	3,74	2,10 - 5,10
5.32.04	3,9	2,10 - 5,10
5.47.12	4,31	2,10 - 5,10
5.29.14	4,36	2,10 - 5,10
5.32.11	5,01	5,10 - 7,00
5.46.12	5,01	5,10 - 7,00
5.29.04	5,31	5,10 - 7,00
5.50.11	5,53	5,10 - 7,00
5.29.41	5,64	5,10 - 7,00
5.46.02	6,07	5,10 - 7,00
5.29.11	6,79	5,10 - 7,00
5.29.01	7,85	7,00 - 8,00

Jako základní mapa byla použita topografická mapa zájmového území vytvořená pomocí programu ArcGIS 9.3. Podkladem této mapy se stala data pocházející z databáze ZABAGED, sdílená ze stránek zeměměřičského a katastrálního úřadu.

V programu ArcGIS bylo vytvořeno šest map v měřítku 1: 15 000 pro období 2002 až 2008, zobrazující výnosy plodin, BPEJ a cenu půdy stanovenou z bonitovaných půdně ekologických jednotek (BPEJ). Ceny jednotlivých oblastí polí byly zařazeny do čtyř kategorií, jak je uvedeno v tab. 1 BPEJ jsou oceňovány od 0,70 do 14,81 Kč/m<sup>2</sup>. K nejvyšším cenám jsou přiřazeny kategorie BPEJ po jedné, zatímco k průměrným až nejnižším cenám přísluší několik BPEJ (Kuba, 2004).

Dále byly zjišťovány výnosy na celkové rozloze jednotlivých polí pomocí aritmetického průměru z bodů nacházejících se na daném území pomocí nástroje Summary Statistic. Zároveň byly, za použití stejného nástroje, stanoveny průměrné výnosy pro jednotky BPEJ, v rámci jednotlivých polí i pro sjednocené oblasti spadající do stejné jednotky BPEJ. Všechny výsledné hodnoty byly následně porovnávány s průměrnými výnosy plodin v České republice za daný rok dle (ČSÚ, 2008).

Předem upravená data o výnosech, jejichž postup úpravy je popsán v podkapitole 3.1 Sběr a úprava dat, byla interpolována metodou typu krigingu s lineárním semivariogramem pomocí nástrojů Spatial Analyst, který je nejvhodnější pro znázornění daného jevu. Interpolace byla prováděna pro každou plodinu zvlášť, neboť vykazují rozdílné průměrné výnosy. Hodnoty rastru byly zařazeny do jednotlivých intervalů pro znázornění variability výnosů na daném území. Intervaly byly voleny s ohledem na přirozené hranice podle vytvořeného modelu histogramu.

Pro názornější výsledky analýzy vývoje výnosů během let 2002 až 2008 byly zvoleny jednotné intervaly interpolace pro jednotlivé plodiny. Při nedodržení stejných intervalů během sledovaného období by mohlo dojít k chybné interpretaci výsledků. Například pokud by na mapách zobrazujících výnosy v různých letech vykazovaly nárůst hodnot ve středním intervalu, ale ten byl pro různé roky vymezen rozdílně. Při nepozornosti by došlo velmi snadno k chybné interpretaci výsledků. Nebo by naopak nemohl být jednoznačně určen trend vývoje výnosu. Tato volba má však také nevýhody. Určitá pole mohou spadnout do jednoho intervalu. Tato pole se zdánlivě jeví jako homogenní, ale při zvolení detailnějších intervalů lze velmi dobře poznat heterogenitu pole.

Ve sledovaném období byly na polích pěstovány především pšenice ozimá a řepka ozimá, na kterých můžeme sledovat kontinuální nárůst výnosů. U plodin, které byly vysety pouze jednou či dvakrát ve sledovaném období, nemohl být vypočítán trend změny výnosů. Proto se práce zaměřuje především na úrodu pšenice a řepky ozimé. Pro ostatní plodiny je většina analýz také provedena, ale jejich výsledky nejsou dále interpretovány pro zavádějící výsledky.

### 3.3 Akumulace vody

Pro tvorbu modelu akumulace vody je nutné použít rastrového digitálního modelu terénu. Ten byl vytvořen pomocí funkce Topo to Rastr, kde byly nadefinovány vstupní vrstvy podílející se na tvorbě modelu. Jako základní vstupní data byly použity vrstevnice v intervalu po 2 metrech a v rovinných oblastech po 1 m. Pro zpřesnění modelu byly využity vrstvy vodních toků a ploch. Pro dosažení přesnějších výsledků bylo zapotřebí správné proudy vodních toků. Dále musel být tok reprezentován pouze jednou linií a nikoliv pomocí dvou čar představujících břehy. Výsledný rastr byl uložen do databáze pod názvem DMT.

Před samotnou tvorbou modelu akumulace vody bylo zapotřebí DMT zkontrolovat, nalézt chyby v rastru a popřípadě vzniklé chyby opravit. Pro nalezení chybných hodnot bylo využito funkce Sink. Dále byly pomocí funkce Watershed vypočítány sběrné oblasti pro jednotlivé chybové pixely. Ze vzniklého rastru byl vypočítán rozdíl mezi minimální a maximální nadmořskou výškou sběrných oblastí pomocí nástroje Rastr calculator, ve kterém byly zadány tyto příkazy:

```
sink_min = zonalmin ([sběrná oblast], [DEM])  
sink_max = zonalfill ([sběrná oblast], [DEM])  
[sink_depth] = [sink_max] - [sink_min]
```

Nově vzniklý rastr sink\_depth ukazuje o jakou maximální hodnotu je možné DMT opravit. Pomocí funkce Fill je opraven původní DMT o chybové buňky, které mají nadmořskou výšku nižší nebo rovno 325 m n.m.

Dále byl již vytvořen model akumulace vody pomocí funkce Flow direction, kterým byly vypočítány směry odtoku (viz kap.3 Metodika) a následně funkcí Flow accumulation stanovena výsledná akumulace vody. Data byla pro snadnější manipulaci reklasifikována do čtyř tříd podle množství akumulace vody. Díky tomu celá oblast spadající do jedné nově vzniklé kategorie nese informaci pouze o příslušnosti třídy. Pixely ztratili přesnou velikost výnosu, který pro další analýzu není podstatný. Do první třídy spadají oblasti, do kterých nepřitéká žádná voda, jsou zde zařazeny oblasti, do kterých přitéká voda maximálně z 1 pixelu. Jedná se převážně o vyvýšeniny či vrcholky terénu. V druhé skupině jsou zařazeny oblasti, do kterých přitéká voda z jiných oblastí, ale akumulace vody nedosahuje takové mocnosti. Do této kategorie jsou zařazeny spádové oblasti z 10 až 30 pixelů. Poslední třídu tvoří oblasti s nejvyšší akumulací vody. V této kategorii jsou zařazeny pixely, ve kterých je akumulována voda nejméně ze 30 pixelů. Jedná se o oblast obsahující koryta řek a jejich blízké zamokřené území. Do této kategorie spadá především říční síť a její přilehlé oblasti.

Vrstva akumulace vody byla následně reklasifikována podle předchozích čtyř kategorií. Jednotlivým kategoriím byly postupně přiřazeny hodnoty 1 až 4, kde číslo 1 představuje kategorii s nejmenší akumulací, tedy oblast, ve které se akumuluje voda z maximálně jednoho pixelu. Hodnotu 2 získala kategorie, kde je voda akumulována z jednoho až deseti pixelů.

Kategorii 3 jsou zobrazeny hodnoty deseti až třiceti pixelů a poslední kategorie (4) představuje oblast, která má nejvyšší akumulaci (min. třicet pixelů).

Vrstva akumulace vody byla využita pro analýzu závislosti akumulace vody na jednotkách BPEJ. Tento vztah byl vypočítán pomocí nástroje Zonal Statistics. Pro nestejně zastoupení velikosti a počtu polí během sledovaného období, byly vypočítány hodnoty akumulace vody pro největší rozlohu všech polí a pro všechny pole, na kterých během sledovaného období byla alespoň jednou pěstována některá plodina.

Dále byl hledán vztah výnosů plodin a akumulace vody, taktéž za pomoci nástroje Zonal Statistics, kterým byly vypočítány průměrné výnosy plodin pro jednotlivé kategorie akumulace vody. Při grafické analýze výnosů a akumulace vody by bylo použito nástroje Zonal Statistics, který by graficky znázornil podle kategorií akumulace vody průměrné výnosy plodin. Z takovéto mapy nejsou jasně patrné přesné hodnoty výnosů v dané kategorii a byla proto zvolena metoda interpretace pomocí tabulek. Výjimku tvoří pouze ječmen ozimý, kostřava, pšenice jarní a proso, které byly pěstovány na velmi malém území a po velmi krátkou dobu (jeden, dva roky). Tato doba není dostatečná pro bližší analýzu dat, a proto nebyla srovnávána s akumulací vody pomocí tabulek. V přílohách 17 až 22 jsou výnosy těchto plodin srovnávány pouze graficky. V těchto přílohách jsou zobrazeny výnosové mapy a akumulace vody. Pomocí nich lze odhadnout průměrné hodnoty výnosu v dané oblasti.

## 4 Výsledky

V přílohách 1 až 6 jsou zobrazeny průměrné výnosy na území rozděleném podle odhadní ceny půdy v letech 2002 - 2008. V příloze 7 je zobrazena mapa výnosů plodin na vybraných polích ZD Krchleby v roce 2002. V tomto roce byla získána data o výnosech na území sedmi polí, v blízkosti obce Březí a Zbudovice. Jak je vidět v Tab. na čtyřech polích byla zasetá řepka ozimá, která dosáhla ve sledovaném roce průměrných výnosů 2,29 t/ha (viz. tab. 2). Na poli Památník a Zbudovice byla pěstována pšenice ozimá, kde průměrné výnosy za celé pole přesáhly průměrů pro ČR, který byl 4,65 t/ha. Na poli Památník byly získány na většině území průměrné výnosy, jen severní část vykazuje nadprůměrné hodnoty (viz. příloha 10). Porovnáme-li ceny půdy s výnosy, zjistíme, že velmi dobrých výsledků bylo dosaženo jak na území, které je nejdražší tak i na území s nižší odhadní cenou (jak je patrné na poli Památník). Patrná je heterogenita ve výnosech v rámci jednotek BPEJ, Tato heterogenita může naznačovat nepřesné vymezení jednotek BPEJ, což potvrzují i nízké výnosy v oblastech s nejdražší cenou půdy.

Pole U Zbudovic dosáhlo nejvyšších výnosů pšenice ozimé v části spadající do kategorie BPEJ 5.29.11 s hodnotou výnosu 6,36 t/ha. Tato oblast se řadí k nejvyšším cenám půdy na sledovaném území. Také na poli Proti Památníku dosahují výnosy stejné plodiny 5,68 t/ha na BPEJ 5.67.01. Při porovnání území se shodným kódem BPEJ 5.29.11, zjistíme srovnatelné nadprůměrné výnosy na většině jednotek. Při porovnání ostatních jednotek BPEJ nalezneme větší či menší rozdíly mezi dosaženými průměrnými výnosy. Za zmínku stojí například části pole spadající do BPEJ 5.29.14. Většina těchto částí vykazuje průměrné až nadprůměrné výnosy.

**Tab. 2 Průměrné výnosy na sledovaném území v roce 2002**

pole	t/ha	plodina	rozloha (ha)	výnosy v ČR (t/ha)
Březina	4,24	ječmen ozimý	28,89	3,8
Lesní Dobytek	2,47	řepka ozimá	27,38	2,29
Močál	2,06	řepka ozimá	3,12	2,29
Památník	4,19	pšenice ozimá	67,78	4,65
Proti Památníku	5,06	řepka ozimá	15	4,65
U Zbudovic	5,39	pšenice ozimá	15,75	4,65
Včelín	2,13	řepka ozimá	13,43	2,29

Zdroj: [www.czso.cz](http://www.czso.cz)

V roce 2003 bylo na osmi polích pěstována převážně pšenice ozimá, pouze na jednom poli byla vyseta řepka ozimá a pšenice jarní. V tomto roce dosáhla většina polí alespoň na části svého území nadprůměrných výsledků. Nejvyšší celkové výnosy pšenice ozimé byly dosaženy na poli U Čápa (5,76 t/ha) (viz. tab. 3).

Podle přílohy 4, kde jsou znázorněny průměrné výnosy dosažené v roce 2003 rozdělené podle výskytu bonitovaných půdně ekologických jednotek, je patrné, že nejvyšších výnosů pšenice ozimé bylo dosaženo na poli Památník, který má kód BPEJ 5.47.12 s hodnotou výnosu 6,85 t/ha. Přičemž ve stejném roce byly dosaženy na území České republiky průměrné výnosy pšenice ozimé pouze 4,28 t/ha. I další jednotky tohoto pole vykazují nadprůměrné výnosy např. pole Památník s BPEJ 5.29.01 s výnosem 6,17 t/ha či Včelín s BPEJ 5.29.14 s výnosem 6,02 t/ha.

**Tab. 3 Průměrné výnosy na sledovaném území v roce 2003**

pole	Výnos (t/ha)	plodina	rozloha (ha)	výnosy v ČR (t/ha)
Březina	2,66	řepka ozimá	29,85	1,66
Lesní Dobytek	4,46	pšenice ozimá	28,02	4,28
Památník	5,52	pšenice ozimá	69,26	4,28
Proti Památníku	1,87	pšenice ozimá	29,79	4,28
U Čápa	5,76	pšenice ozimá	13,08	4,28
U Schořova	3,15	pšenice jarní	22,63	3,69
U Zdubovic	3,64	pšenice ozimá	37,2	4,28
Včelín	5,59	pšenice ozimá	13,9	4,28
Vrkotovo	4,43	pšenice ozimá	20,94	4,28

Zdroj: [www.czso.cz](http://www.czso.cz)

Porovnáme-li výnosy z roku 2002 a 2003 (viz. příloha 3 a 4), zjistíme, že nejvyšších výnosů je opět dosaženo na poli Památník s kódem BPEJ 5.29.14, na kterém se v roce 2002 pěstovala řepka ozimá a následně pšenice ozimá. Naproti tomu na stejné jednotce BPEJ (5.29.14) je dosaženo nejnižších výnosů a to na poli Proti Památníku, jehož výnos dosahuje pouhých 1,58 t/ha. Také celkové výnosy dosažené na poli Proti Památníku byly velmi nízké, pouhých 1,87 t/ha. Proč je dosaženo nejnižšího a nejvyššího výnosu na poli se shodnou bonitou? Vliv klimatu v tomto případě je nereálný. I když má klima zásadní vliv na úrodu, nedosahuje tak velkých lokálních rozdílů jako v tomto případě. Jako další možnost byla chyba v datech či jejich zpracování. Po kontrole vstupních dat a vzniklých výsledků nebyly nalezeny chyby v postupu práce, jako je například chybné zařazení dat do skupiny plodin, či chyba při exportování dat do jiného formátu. Také možnost špatných vstupních dat je velmi nepravděpodobná, protože data byla zaznamenána palubním počítačem žacího stroje. Dále byl přezkoumán počet bodů, ze kterých byly vypočítány průměrné výnosy na celém území. Hodnoty na poli Proti Památníku mohly být vypočítány z malého počtu dat a tím být zkresleny. Na vykreslení výnosů bylo použito 1242 bodů, které byly rovnoměrně rozprostřeny po poli, až na část území, která leží ve středu jednotky BPEJ 5.24.14 a 5.67.01. V tomto místě nebyly zaznamenány žádné hodnoty. Území mohl sklízet odlišný žací stroj a data následně nebyla obdržena od ZD Krchleby. Nejpravděpodobněji došlo vlivem počasí ke slehnutí pšenice ozimé a tím většina úrody zůstala na poli neskližena, což by mohlo vysvětlovat nízké a vyrovnané výnosy na celém poli. Také mohly být ztráty způsobeny napadením rostliny škůdcem a jejich

následné znehodnocení. Vlivů na úrodnost je celá řada a bez podrobnější analýzy či informací od ZD Krehleby nelze jednoznačně stanovit největší vliv na nízkou úrodu.

V roce 2005 byla na sledovaném území pěstována převážně řepka ozimá a to na šesti z deseti polí, jak je patrné z tab. 4 či z přílohy 12. Většina výnosů řepky ozimé dosáhla nadprůměrných výsledků nad celkovými výnosy v České republice, které dosahovaly 2,95 t/ha. V Příloze 5 je zachycena nejlepší úroda, která byla sklizena na poli U Zbudovic s BPEJ 5.29.01 s výnosem 5,64 t/ha (viz. příloha 5). Podobného výsledku bylo dosaženo na stejném poli s BPEJ 5.29.14 s výnosem 5,15 t/ha. Jak je patrné i v tomto roce je dosaženo nejvyšších výsledků na BPEJ 5.29.14. Naopak nejnižších výsledků bylo dosaženo na poli Lesní Dobytek, kde průměrné výnosy řepky ozimé dosahovaly pouze 3,59 t/ha oproti celorepublikovému průměru, který byl 5,2 t/ha.

**Tab. 4 Průměrné výnosy na sledovaném území v roce 2005**

pole	t/ha	plodina	rozloha (ha)	výnosy v ČR (t/ha)
Lesní Dobytek	3,59	pšenice ozimá	28,02	5,2
Močál	4,21	řepka ozimá	0,33	2,95
Památník	5,52	řepka ozimá	15	2,95
Proti Památníku	5,8	pšenice ozimá	29,79	5,2
U Čápa	4,37	řepka ozimá	13,08	2,95
U Schořova	4,44	řepka ozimá	22,63	2,95
U Zbudovic	5,16	řepka ozimá	37,2	2,95
Včelín	6,41	pšenice ozimá	13,9	5,2
Vrkatovo	4,22	řepka ozimá	20,94	2,95
Vyhlička	4,45	pšenice ozimá	0,93	5,2

Zdroj: [www.czso.cz](http://www.czso.cz)

Jak je patrné z přílohy 6, dochází během sledovaného období ke zvyšování výnosů plodin. Pole Památník, Proti Památníku, ale také U Zbudovic či Vrkatovo ukazují v roce 2006 velmi homogenní výsledky na celém svém území bez ohledu na cenu půdy. V tomto roce jsou tedy již znatelně vidět cílené práce precizního zemědělství, kdy vlivem správné aplikační analýzy bylo do půdy vloženo optimální množství živin pro zvýšení výnosů. Na všech polích dosahovaly plodiny nadprůměrných výnosů, zvláště pak pole Památník, kde byly průměrné výnosy celého pole 7,55 t/ha. Při porovnání výnosů na jednotlivých kategoriích BPEJ shledáme velmi malé rozdíly mezi úrodnými a neúrodnými částmi pole, proto byly hledány důvody tohoto stavu. V první řadě mohlo hrát velkou roli počasí. Proto byly zkoumány klimatické podmínky v době vegetace plodin, tedy od podzimu 2005 do léta 2006. Podzim roku 2005 byl suchý, srážkově podnormální a teplý. Vyšší teploty přetrvávaly od října do poloviny listopadu, kdy nastalo výrazné ochlazení. Zima byla velmi chladná s dostatkem srážek. Díky tomu nedošlo k zmrznutí rostlin. Silná sněhová pokrývka na jaře pozvolna tála až do konce března. V květnu bylo ideální počasí zejména pro řepku ozimou, kdy bylo dostatek srážek s teplotami do 20°C, které řepce vyhovuje. Počasí v červnu vykazovalo normální stav, velké extrémy sucha nastaly

v červenci. V tomto měsíci byly srážky na území České republiky na 42% vůči normálnímu stavu, a teploty se pohybovaly 4,7°C nad normálem. Přes takto extrémní teploty, kdy se předpokládaly nízké výnosy, byl rok 2006 výnosově velmi dobrý. Bylo dosaženo druhého nejvyššího výnosu za posledních 10 let (Volf, 2006).

Vysoké výnosy na celém území tedy způsobily především příznivé klimatické podmínky za podpory precizního zemědělství.

**Tab. 5 Průměrné výnosy na sledovaném území v roce 2006**

pole	t/ha	plodina	rozloha (ha)	výnosy v ČR (t/ha)
Březina	5,68	řepka ozimá	29,85	3,1
Lesní Dobytek	6,08	pšenice ozimá	28,02	4,68
Močál	3,85	řepka ozimá	0,33	3,1
Památník	7,55	řepka ozimá	4,98	3,1
Proti Památníku	5,67	pšenice ozimá	29,79	4,68
U Čápa	7,32	řepka ozimá	13,08	3,1
U Schořova	6,19	řepka ozimá	22,63	3,1
U Zbudovic	6,66	řepka ozimá	37,2	3,1
Včelín	4,28	pšenice ozimá	13,9	4,68
Vrkotovo	6,87	řepka ozimá	20,94	3,1
Vyhlička	5,32	pšenice ozimá	0,93	4,68

Zdroj: [www.czso.cz](http://www.czso.cz)

V roce 2007 byla pěstována pšenice, řepka a ječmen ozimý, proso a kostřava (viz. příloha 14). Všechna pole, na kterých byla pěstována pšenice ozimá, vykazují nadprůměrné výnosy oproti republikovému průměru, který činí 5,02 t/ha. Stejně je tomu u všech polí pěstující řepku ozimou. Také jsou dosaženy velmi srovnatelné výnosy pro všechny kategorie BPEJ. Nejvyšších výnosů pšenice ozimé je dosaženo na poli Březina s BPEJ 5.47.12 s výnosem 6,86 t/ha, pro řepku ozimou na poli U Zbudovic s BPEJ 5.29.14 s výnosem 6,94 t/ha a pro proso pole Lesní Dobytek BPEJ 5.29.14 a výnos 5,74 t/ha.

**Tab. 6 Průměrné výnosy na sledovaném území v roce 2007**

pole	t/ha	plodina	rozloha (ha)	výnosy v ČR (t/ha)
Březina	6,73	pšenice ozimá	29,85	5,02
Lesní Dobytek	5,5	proso	28,02	-
Močál	2,92	kostřava	0,33	-
Památník	5,86	řepka ozimá	4,98	3,09
Proti Památníku	5,09	řepka ozimá	29,79	3,09
U Čápa	5,49	proso	13,08	-
U Schořova	6,49	pšenice ozimá	22,63	5,02
U Zbudovic	7,21	ječmen ozimý	37,2	3,88
Včelín	3,41	kostřava	13,9	-
Vrkotovo	6,68	ječmen ozimý	20,94	3,88
Vyhlička	3,58	kostřava	0,93	-

Zdroj: [www.czso.cz](http://www.czso.cz)

V tomto roce byly dosaženy velmi homogenní a vysoké výnosy v rámci celé oblasti. Výnosy byly tak vysoké, že nebyly na mapě téměř žádné oblasti, spadající do nejnižší kategorie výnosů v rámci všech typů plodin. To ukazuje na jednoznačné zvýšení výnosů. Příčinou by mohly být přetrvávající příznivé klimatické podmínky. Pro potvrzení těchto domněnek byly zjištěny průměrné teploty a úhrny srážek na přelomu let 2006/2007, kdy plodiny rostly. Na celé České republice byly zaznamenány nadnormální teploty, které se pohybovaly od 2 až 5°C nad měsíčními normály. Také podzim a zima byla velice mírná, a tak způsobila prodloužení doby vegetace rostlin a tím došlo k jejich velmi dobrému zakořenění. Jaro pro nadprůměrné teplo začínalo již koncem února (teplota v zimě 5,2°C nad průměrem)

Vlivem vysokých teplot během jarního období docházelo k rychlému růstu rostlin. Zatímco teploty byly nadprůměrné, úhrny srážek byly naopak velmi podprůměrné, především v dubnu, kdy prakticky nepršelo (průměrné srážky v dubnu 6 mm). Nejméně příznivá situace nastala na přelomu dubna a května, kdy se objevily každoroční mrazíky. Za normální situace by rostlinám neublížily, protože rostliny byly obvykle v nižším stádiu vývoje. Došlo ke zmrznutí rostlin, a tím k poklesu výnosů o 15 – 20% (Volf, 2007).

Při porovnání klimatických podmínek na území České republiky na přelomu let 2006/2007 byly vlivem jarních mrazíků předpokládány nižší výnosy proti předešlému roku. Přesto příloha 14. ukazuje opak. Proto byly zjištěny bližší informace o extrémních teplotách v měsíci dubnu a květnu. Nejbližší meteorologická stanice, jejíž data jsou poskytována zdarma, je stanice v Hradci Králové. Zde byly naměřeny nejnižší teploty -2,5°C v dubnu a -1,4°C v květnu (ČHMU, 2009). Ve srovnání s teplotami na území České republiky se jedná o menší extrémy, především v měsíci dubnu. Proto nedošlo k tak markantnímu zmrznutí rostlin a k dosažení vysokých výnosů.

Výsledky výnosů v roce 2008 ukazuje příloha 15. V tomto roce bylo oseto pět polí pšenicí ozimou, tři řepkou ozimou a jedno ječmenem ozimým. Všechny pole vykazují opět vysoké výnosy. Porovnáme-li rok 2007 a 2008, zjistíme, že na poli Březina a Lesní Dobytek, kde byla po oba roky pěstována pšenice ozimá, jsou téměř shodné výnosy. Této trend může být způsoben shodnými klimatickými podmínkami během těchto let. Nejlepších výsledků je dosaženo na poli Památník, jehož výnosy na celém území dosahují 10,66 t/ha. V tomto případě je již klasifikace výnosů nevhodná, protože jsou všechny hodnoty zařazeny do stejné kategorie a nevystihují oblasti s nižšími výnosy. Je zde ale velmi dobře vidět nárůst výnosů v celé oblasti během let 2002 až 2008.

V příloze 9 jsou zobrazeny průměrné výnosy v kategoriích BPEJ podle jednotlivých polí. V této tabulce lze nalézt podobné výnosy v rámci jedné kategorie BPEJ, jedná se například o BPEJ 5.29.01, které se nachází na sedmi polích. Velmi podobných výsledků je zde dosaženo na pěti polích, pouze dvě území se nápadně odlišují, jedno menší produkci a druhé naopak vyšší. I v ostatních skupinách lze nalézt určitý trend. Jednotky, které se od skupiny odlišují, mohou být ovlivněny jinými faktory, díky nimž mají vyšší či nižší výnosy. Zejména na velkých plochách

patřící jedné jednotce BPEJ je velká pravděpodobnost, že se na území nachází oblast, která by měla být zařazena do odlišné skupiny, ale pro její “zanedbatelnou“ velikost (do 0,3 ha respektive do 0,5 ha) se tak nestalo.

**Tab. 7 Průměrné výnosy na polích v roce 2008**

pole	výnosy pole t/ha	plodina	rozloha (ha)	výnosy v ČR (t/ha)
Březina	6,62	pšenice ozimá	29,85	5,88
Lesní Dobytek	5,82	pšenice ozimá	28,02	5,88
Památník	10,46	pšenice ozimá	4,98	5,88
Proti Památníku	5,66	pšenice ozimá	29,79	5,88
U Čápa	6,08	pšenice ozimá	13,08	5,88
U Schofova	5,46	řepka ozimá	22,63	2,94
U Zbudovic	5,26	řepka ozimá	37,2	2,94
Včelín	2,89	ječmen ozimý	13,9	4,67
Vrkotovo	2,89	řepka ozimá	20,94	2,94

Zdroj: [www.czso.cz](http://www.czso.cz)

Jak je vidět z přílohy 23, na prvních třech nejvyšších místech akumulace vody je BPEJ 5.46.12, 5.47.12 a 5.46.02. Tyto půdy jsou jedny z nejúrodnějších půd ze sledovaného území. Na území BPEJ 5.32.04, 5.37.16 a 5.32.11 bylo dosaženo nejnižší akumulace vody. Zajímavého výsledku bylo dosaženo v kategorii BPEJ 5.32.11, která se řadí mezi středně úrodné půdy a přesto je na jejím území vyměřena nejmenší akumulace vody ze všech pozorovaných kategorií. Tato skutečnost mohla být ovlivněna velmi malou rozlohou této jednotky, která činí pouze 1,59 ha a v porovnání s ostatními jednotkami je nejmenší. V rámci jednotlivých kategorií BPEJ je zaznamenána heterogenita akumulace vody, která je na velké rozloze území pomocí průměru vyrovnána. Tyto rozdílné hodnoty akumulace vody, především v krajních kategoriích mají na výsledek zásadní vliv. Je nanejvýš pravděpodobné, že takovéto extrémní hodnoty se budou nacházet častěji na velkém území než na malém. Díky tomu může být výsledek akumulace vody v kategorii BPEJ 5.32.11 zkreslený. Na území BPEJ 5.68.11 jsou dosaženy taktéž vysoké hodnoty akumulace vody. V tomto případě může cena toho pozemku zkreslovat. Jedná se totiž o půdu glejovou, tedy zamokřenou, a pro většinu plodin nevhodnou. Podobně je na tom kategorie 5.67.01, která je také zamokřená. Přestože by se ale mělo jednat o nejvíce zamokřené území, ostatní kategorie dosahují vyšších hodnot akumulace vody. Dle tab.8 lze konstatovat, že čím vyšší hodnoty akumulace vody, tím jsou půdy úrodnější. Výjimku tvoří půdy oglejené (přemokřené), které jsou pro většinu plodin méně vhodné.

Při porovnání akumulace vody v jednotkách BPEJ, byly hledány podobné výsledky ve stejných kategoriích BPEJ. Při analýze byly zjištěny velmi podobné hodnoty akumulace ve skupině 5.29.14, jejichž hodnoty se pohybovaly 1,7 do 1,9. Pouze dvě jednotky z deseti vykazují akumulaci vody spadající do druhé třídy, jedná se tedy o oblast s průměrnou akumulací. Při srovnání ostatních skupin nebyl nalezen žádný trend. Většinou se v dané kategorii vyskytuje alespoň jedna oblast, která se výrazně odlišuje, jak je patrné např. u kategorie 5.29.01.

Ve většině případů se zde akumulace vody pohybuje od 1,8 až 2, ale na poli Březina jsou dosaženy velmi nízké hodnoty (1,59).

**Tab.8 Akumulace vody v kategoriích BPEJ**

BPEJ	cena půdy v Kč/m <sup>2</sup>	průměr akumulace vody	rozloha (ha)
5.46.12	5,01	2,96	4,725
5.47.12	4,31	2,51	10,06
5.46.02	6,07	2,35	14,21
5.29.04	5,31	2,31	7,48
5.68.11	1,2	2,29	1,69
5.67.01	1,21	2,25	15,81
5.29.01	7,85	2,11	35,51
5.29.11	6,79	2,05	46,51
5.50.11	5,53	1,98	3,6
5.47.13	3,74	1,95	15,91
5.29.14	4,36	1,82	95,77
5.32.04	3,9	1,64	6,89
5.37.16	1,43	1,56	4,72
5.32.11	5,01	1,35	1,59

Dalo by se předpokládat, že typ půdy bude závislý na hodnotě akumulace vody. To se ale podle přílohy 23 neprokázalo. Nebyla nalezena žádná silná závislost mezi kategorií BPEJ a kumulací vody. Může to být ovlivněno vytvořeným modelem akumulace vody, který byl vytvořen pomocí vrstevnic (získány z databáze ZABAGED). Tato data jsou sice nejpřesnější jaká Česká republika má, ale především v rovinných oblastech dochází k velkému zkreslení. To může být jednou z příčin, proč není prokázána závislost BPEJ na akumulaci vody.

Při porovnání akumulace vody a výnosů plodin byly po většinu let (kromě roku 2007) zjištěny nejvyšší výnosy pšenice ozimé v kategorii akumulace vody 3. Tato kategorie představuje, po oblasti bezprostředně přiléhající k vodním tokům, oblast s nejvyšším množstvím vody. Z Tab. 9 je vidět zřejmá závislost výnosů na akumulaci vody. Podle průměrů výnosu je vidět, že se jedná o velmi vyrovnané výsledky mezi jednotlivými kategoriemi, přesto shodné výsledky za období šesti let jednoznačně dokazují závislost těchto dvou jevů.

**Tab.9 Průměrné výnosy pšenice ozimé podle kategorií akumulace vody**

Pšenice ozimá rok	Průměrné výnosy (t/ha) podle kategorie akumulace vody			
	1	2	3	4
2005	5,74	5,75	5,82	5,19
2006	6,57	6,75	6,87	6,68
2002	5,67	5,91	6,16	5,32
2003	4,56	4,85	5,1	5,09
2007	6,3	6,7	6,88	6,95
2008	9,1	9,56	9,65	9,51

Naproti tomu závislost řepky ozimé na akumulaci vody již jednoznačné závěry neukazují. Jako u pšenice ozimé jsou i u této plodiny velmi malé rozdíly ve výnosech v jednotlivých kategoriích. Jak je vidět z tab.10 v kategorii 3 nejsou ani v jednom roce zjištěny nejvyšší výnosy. Nejvyšších výsledků bylo dosaženo během šesti let v kategorii 2 a 4. Tyto výsledky jednoznačně ukazují na rozdílné nároky obou dvou plodin, zejména na dostatek vody. Také mohou být výsledky závislé na klimatických podmínkách během sledovaných let.

**Tab.10 Průměrné výnosy řepky ozimé podle kategorií akumulace vody**

řepka ozimá	Průměrné výnosy (t/ha) podle kategorie akumulace vody			
	1	2	3	4
2002	2,84	2,9	2,96	<b>3,01</b>
2003	2,61	<b>2,77</b>	2,69	2,74
2005	4,46	<b>4,71</b>	4,69	4,53
2006	5,64	5,78	6,04	<b>6,11</b>
2007	5,63	<b>5,73</b>	5,66	5,52
2008	5,71	5,78	5,82	<b>5,96</b>

## KAPITOLA 6

### DISKUZE A ZÁVĚR

Celá práce se dotýká velmi širokého tématu využívání GIS v precizním zemědělství, který je v současnosti na vzestupu, především v rámci rozvoje dálkového průzkumu Země (DPZ). Kromě rešerže o možnostech precizního zemědělství a dosažených výzkumech byla provedena analýza výnosových dat z oblasti obce Březí a Zbudovice. Dále byla užitečnost porovnávána s rozdílnými oblastmi BPEJ a hledána závislost neúrodnějších půd na velikosti výnosu. V neposlední řadě byl vytvořen model akumulace vody, který by ukázal závislost kategorií BPEJ a výnosů na množství akumulované vody.

Ve většině let dominovalo území s BPEJ 5.29.14, na kterém (až na malé výjimky) byly získány nejvyšší hodnoty výnosů, přestože tato část pole vykazuje cenu 4,36 Kč/m<sup>2</sup>. Nejvyšší cenu mají části pole s BPEJ 5.29.01, kde byly dosaženy také vysoké výnosy. Naopak nejlevnější půdy jsou s BPEJ 5.68.11, u kterých se cena pohybuje okolo 1,20 Kč/m<sup>2</sup>. V těchto částech polí byly v letech 2002 až 2005 sledovány výkyvy ve výnosech. Například v roce 2002 byly zjištěny vysoké výnosy na poli U Zbudovic a Proti Památníku, kde se pěstovala pšenice ozimá se zisky 4,68 a 4,06 t/ha. Naopak na poli Lesní Dobytek a Včelín byly výnosy pouze 1,46 t/ha a 1,01 t/ha.

V roce 2003 byly dosaženy na většině polí také uspokojivé výsledky. Výjimku představuje pole Proti Památníku, kde byly dosaženy nízké výnosy pšenice ozimé. Tyto hodnoty jsou ovlivněny celou řadou faktorů. Mezi nejvíce pravděpodobné a je možnost zkreslení výsledků vlivem nerovnoměrně získaných dat, především ve střední části pole v kategorii BPEJ 5.29.14 a také možností nesklizení celé úrody díky polehnutí plodiny vlivem nepříznivého počasí či nevhodně zvolenou odrůdou plodiny, která mohla být vystavena některým chorobám. Pro nedostatek poskytnutých informací lze jen diskutovat, kdo má největší vliv na nízkou úrodu.

V roce 2005 byly zjištěny na většině území vysoké výnosy bez větších rozdílů mezi úrodnými a neúrodnými oblastmi. Je to pravděpodobně způsobeno velmi příznivým klimatem během vegetační doby plodin, tedy na přelomu let 2004 a 2005.

V následujícím období 2006 až 2008 byla úroda všech plodin podstatně vyrovnanější a dosahovala také mnohem vyšších zisků. Z Přílohy 8 zobrazující stav v roce 2008 jsou patrné

vysoké výnosy ve všech částech polí spadající do této kategorie. Například výnos řepky ozimé na poli Lesní Dobytek byl 6,61 t/ha.

Z konstruovaných map je zjevný trend růstu výnosů ve všech částech polí bez ohledu na jejich přirozené rozdíly v úrodnosti. Také je vidět trend nárůstu průměrných výnosů, které mohou být způsobeny aplikací precizního zemědělství na dané území. Více pravděpodobné je však vliv klimatu, kdy jsou dosaženy stále příznivější teploty pro růst plodin. Tuto domněnku potvrzují i články z konferencí svazu pěstitelů, které zaznamenaly v posledních pěti letech nárůst výnosů plodin na celém území České republiky. Nemalý vliv mají také stále se zdokonalující agrotechnické a agrochemické postupy (Volf, 2008). Bohužel nebyly získány informace o přesném dávkování hnojiv do jednotlivých polí ve sledovaném období, jež by ukázaly, zda dochází ke zvyšování množství hnojiv do půdy či naopak.

Při porovnávání kategorií BPEJ a akumulace vody byla hledána vzájemná závislost kvality půdy a množstvím akumulované vody. Většina kategorií BPEJ má průměrnou akumulaci vody. Nebyly nalezeny žádné rozdíly akumulace vody v jednotkách BPEJ a nemají tedy vliv na jejich vymezení. Tyto výsledky mohou být zkráceny málo podrobnými informacemi o nadmořské výšce. Práce vycházela z vrstevnic z databáze ZABAGED, které jsou dosud nej přesnější poskytovaná data, ale především v rovinných oblastech vykazují značných odchylek (Braveny, 2008). Tuto teorii podporují i výsledky, kdy byla zjištěna nejvyšší akumulace vody v úrodných oblastech a překonaly tak zamokřené oblasti, jež mají akumulovat nejvíce vody.

Porovnáním akumulace vody a výnosů byla zjištěna pozitivní závislost u pšenice ozimé, které vyhovují oblasti s dostatkem akumulované vody, ale nesmí se jednat o přemokřené oblasti, nacházející se převážně v blízkosti vodních toků. Naopak u řepky ozimé nebyl nalezen jednoznačný trend. U této plodiny zřejmě více záleží na klimatických podmínkách během roku.

Při pokračování této práce by bylo zajímavé rozšířit téma o analýzu aplikací hnojiv do půdy spolu se sledováním hydrologických a klimatických podmínek daného území a pokusit se zjistit míru pozitivního či negativního vlivu na úrodu. Výnosy plodin jsou ovlivňovány mnoha faktory, které se během vegetační doby plodin velmi často prolínají a mění svoji váhu. Proto jsou výsledky takovýchto analýz velmi často rozdílné a mohou platit jen pro malé území. Jak dokazují například Langer a Lala (1997, Cit. In. Kravchenko b,2000), kteří zjistili vyšší výnosy na nižším svahu než ve vyšších polohách. Naopak opačného výsledku dosáhl Ebeid et al. (1995, Cit. In. Kravchenko b,2000).

Velmi zajímavých výsledků by bylo možné získat také pomocí dálkového průzkumu Země. Především při analýze jednotlivých plodin zdali jejich vegetační růst odpovídá standardnímu vývoji, nebo jestli vlivem vnějších činitelů dochází k jeho zpomalení či naopak zrychlení. Zajímavé by bylo hledání poškozených či napadených rostlin škůdci, ale také odhadování produkce plodin v rámci celého státu nebo kontinentu, což by vyžadovalo další zkoumání a zpracování informací.

## SEZNAM ZDROJŮ INFORMACÍ

- BALÍK, J. ... [et al.]. 2000. Cíle a možnosti (filozofie) precizního zemědělství. In: *Racionální použití hnojiv. Sborník z konference konané na ČZU v Praze*. Praha: česká zemědělská univerzita v Praze, katedra agrochemie a výživy rostlin, 2000. s 18-22. ISBN 80-213-0691-2.
- BALÍK, J.; ŠTÍPEK, K.; ČERNÝ, J. 2006. *Precizní zemědělství : Výživa rostlin a hnojení v systému precizního hospodaření* [online]. [Praha], 2006. [cit. 2009-05-11]. Česká zemědělská univerzita v Praze, fakulta agrobiologie, potravinových a přírodních zdrojů, katedra agrochemie a výživy rostlin. Dostupný z WWW:  
<[http://www.phytopsanitary.org/projekty/2005/VVF\\_08\\_2005.pdf](http://www.phytopsanitary.org/projekty/2005/VVF_08_2005.pdf)>.
- BRAVENÝ, L. 2008. Digitální modely terénu a modelování prostorových dat. In: ŠTYCH, P. ... [et al.]. *Vybrané funkce geoinformačních systémů*. Praha. 2008, s. 80 -93.
- BRODSKÝ, L.; VANĚK, V. 2000. Získávání podkladů pro precizní hospodaření. In: *Racionální použití hnojiv. Sborník z konference konané na ČZU v Praze*. Praha: česká zemědělská univerzita v Praze, katedra agrochemie a výživy rostlin, 2000. s 18-22. ISBN 80-213-0691-2.
- BRODSKÝ, L. 2003. *Využití geostatistických metod pro mapování prostorové variability agrochemických vlastností půd*. Praha, 2003. 120 s. Doktorská disertační práce na Agronomické fakultě České zemědělské univerzity v Praze na katedře agrochemie a výživy rostlin. Vedoucí práce Václav Vaněk. ISBN 80-213-1100-2.
- Česko. 2008. *Příloha č.22 k vyhlášce č. 3/2008 Sb.*, o provedení některých ustanovení zákona č. 151/1997 Sb., o oceňování majetku a o změně některých zákonů, ve znění pozdějších předpisů, (oceňovací vyhláška). 2009. Dostupný z WWW:  
<[http://www.mfcr.cz/cps/rde/xbcr/mfcr/Priloha-22\\_k\\_Vyhl-3-2008\\_pdf.pdf](http://www.mfcr.cz/cps/rde/xbcr/mfcr/Priloha-22_k_Vyhl-3-2008_pdf.pdf)>.
- Česko. 1998. *Vyhláška č. 327/1998 Sb.*, Charakteristika bonitovaných půdně ekologických jednotek. 1998. Dostupný z WWW:  
<[www.mze.cz/attachments/vyhlaska\\_BPEJ\\_a\\_aktualizace.doc](http://www.mze.cz/attachments/vyhlaska_BPEJ_a_aktualizace.doc)>.

- ČHMÚ. 2009. *Informace o klimatu* [online]. Český hydrometeorologický ústav, odbor klimatologie. c2009 [cit. 2009-07-28]. Dostupný z WWW:  
<<http://www.chmu.cz/meteo/ok/infklim.html/>>.
- ČSÚ. 2009. *Zemědělství: Hektarové výnosy zemědělských plodin* [online]. Český statistický úřad, střeďočeký kraj. c2008 [cit. 2009-07-28]. Dostupné z WWW:  
[http://www.czso.cz/xs/edicniplan.nsf/t/13002E3EB5/\\$File/13-2101080704.pdf](http://www.czso.cz/xs/edicniplan.nsf/t/13002E3EB5/$File/13-2101080704.pdf)>.
- ČÚZK. 2009. *Základní mapy středních měříték* [online]. Poslední aktualizace 8. 4. 2009 [cit. 2009-08-05]. Dostupné z:  
<[http://www.cuzk.cz/Dokument.aspx?PRARESKOD=998&MENUID=0&AKCE=DO C:30-ZU\\_zmsm](http://www.cuzk.cz/Dokument.aspx?PRARESKOD=998&MENUID=0&AKCE=DO C:30-ZU_zmsm)>.
- ESRI. 2002. *Using ArcGIS 3D Analyst* [CD-ROM]. ESRI, USA.c.2000-2005[cit. 2009-07-28].
- ESRI. 2002. *Using ArcGIS Geostatistical Analyst* [CD-ROM]. ESRI, USA.c.2000-2005[cit. 2009-07-28].
- ESRI. [200-]. *ArcGIS Tutorial* [CD-ROM]. ESRI, USA.c.2001-2006[cit. 2009-07-28].
- HAMOUIZ, P.; SOUKUP, J. [2005]. *Precizní zemědělství. I.část: Precizní zemědělství v oblasti regulace zaplevelení* [online]. [2005]. [cit. 2009-05-11]. Česká zemědělská univerzita v Praze, fakulta agrobiologie, potravinových a přírodních zdrojů, katedra agrochemie a výživy rostlin, Výzkumný ústav rostlinné výroby Praha-Ruzyně. Dostupné z WWW:  
<[http://www.phytosanitary.org/projekty/2005/VVF\\_08\\_2005.pdf](http://www.phytosanitary.org/projekty/2005/VVF_08_2005.pdf)>.
- HEERMANN, D. F. ...[et al.]. 2002. *Interdisciplinary irrigated precision farming research. Precision agriculture*. [CD-ROM]. 2002, č.3, s.47-61.
- JEDLIČKA, K. ; MENTLÍK, P. 2002. *Hydrologická analýza a výpočet základních morfometrických charakteristik povodí a využitím GIS* [online]. In: BALEJ, M. ; ORŠULÁK, T. *Sborník GEOINFORMATIKA z XX. Sjezdu ČGS. Ústí nad Labem, 2002*. [cit. 2009-05-27]. Dostupné z WWW:  
[http://www.kge.zcu.cz/veda/misc/mentlik/hydr\\_analys.pdf](http://www.kge.zcu.cz/veda/misc/mentlik/hydr_analys.pdf).
- JEDLIČKA, J. ; ŠTYCH, P. [200-]. *Hydrologické modelování v programu ArcGIS*. Praha, [200-].
- KRAUS, J. 2007. *Geostatistika jako prostorové modelování statistických jevů* [online]. Praha, 2007. [cit. 2009-05-27]. Český statistický úřad. Dostupný z WWW:  
<<http://panda.hyperlink.cz/cestapdf/pdf07c6/kraus.pdf>>.

- KRAVCHENKO, A. N. ; BULLOCK, D. G. ; BOAST, W. CH. 2000. *Spatial variability : Joint Multifractal Analysis of crop yield and terrain slope*. Agronomy journal. [CD-ROM]. 2000, roč. 92, č. november-december, s. 1279-1290.
- KRAVCHENKO, A. N. 2003. *Influence of spatial structure on accuracy of interpolation methods*. Soil Science Society of America. [CD-ROM]. 2003, č. 67, s. 1564-1571.
- KUBA, B. 2004. Zemědělské pozemky: bonita a daň. *EnviWeb.cz* [online]. 2004. c 2003-2008. [cit. 2009-05-1]. Dostupný z WWW:  
[http://www.enviweb.cz/?env=puda\\_archiv\\_ehead\\_en&print=true](http://www.enviweb.cz/?env=puda_archiv_ehead_en&print=true).
- KUMHÁLA, F.; PROŠEK, V. [200-]. *Přesnost tvorby výnosových map při sklizni obilovin*. [online]. Praha, [200-]. [cit. 2009-05-1]. Dostupný z WWW:  
<<http://209.85.129.132/custom?q=cache:l7Lt5OAYqSMJ:www.agris.cz/etc/textforwarder.php%3FiType%3D2%26id%3D143689+precizn%C3%AD+zem%C4%9Bd%C4%9Blstv%C3%AD-kalibrace&cd=4&hl=cs&ct=clnk&inlang=pl&client=pub-8271295218880500>>.
- KUMHÁLOVÁ, J. ...[et al.]. 2008. *Topografy impal on nutrition kontent in soil and yield*. Plant soil environ. [CD-ROM]. 2008, roč. 6, č.54, s.255-261.
- LIPAVSKÝ, J. 2000. *Precizní zemědělství ve světě a v České republice*. In: *Uplatňování precizního zemědělství v České republice*. PM studio, Litovel, 2000. s. 10-14.
- MARTÍNEK, K. ...[et al.]. 2007. *GIS a DPZ v geologických vědách v prostředí ArcGIS a jeho extenzí*. 1998. 158 s. Kapitola 7, Základní přístupy pro tvorbu digitálního modelu terénu (DMT), s. 58-60.
- NETOPIL, R. ...[et al.]. 1984. *Fyzická geografie I*. Praha. 1984. 272 s.
- NĚMEČEK, R. 2000. *Vliv změny hustoty odběru půdních vzorků na kategorie násobenosti živinami*. In: *Racionální použití hnojiv*. Sborník z konference konané na ČZU v Praze. Praha: česká zemědělská univerzita v Praze, katedra agrochemie a výživy rostlin, 2000. s 18-22. ISBN 80-213-0691-2.
- PERSSON, A. ; PILESJO, P. ; EKLUNDH, L. 2005. *Spatial influence of topographical factors on yield of potato (Solanum tuberosum L.) in central Sweden*. [The Netherlands?]. Precision agriculture. 2005, 6, 341-357.
- POLÁČKOVÁ, J. 2009. *Podoba a struktura kvalifikačních prací na katedře* [online]. Praha, 2008 [cit. 2009-04-07]. Dostupné z URL: <<http://www.natur.cuni.cz/gis>>. Materiál vytvořený J. D. Bláhou pro studenty, kteří píšou svou kvalifikační práci na katedře aplikované geoinformatiky a kartografie na Přírodovědecké fakultě Univerzity Karlovy.

- ROST, M.; KLUFOVÁ, R. [2004]. *Matematicko-statistické základy precizního zemědělství* [CD-ROM]. 2004.
- ROBINSON, T. P.; METTERNICHT, G. 2005. *Comparing the performance of techniques to improve the quality of yield maps*. Sgriculture Systems. [CD-ROM]. 2005, č.85, s. 19-41.
- RYBKA, A. ; ŠŤASTNÝ, M. 1998. *precizní zemědělství*. 1. vydání. Praha: Ústav zemědělských a potravinářských informací. 1998. 52 s. ISBN 80-7271-038-9.
- SPIŠIAK, P. 2005. *Základy geografie: Poľnohospodárstva a lesného hospodárstva*. 2. vyd. Bratislava: Univerzita Komenského. 2005, 152 s. ISBN 80-223-2022-6.
- Slovník ekologie a životního prostředí: Anglicko-český a česko-anglický*. Olomouc, 1998. 608 s. ISBN 80-238-2760-X.
- ŠAFÁŘ, V.; ŽDÍMAL, V. [2007?]. *Letecké digitální snímkování pro podporu zemědělského hospodaření*. [CD-ROM]. Brno. Geodis Brno, Mendelova zemědělská a lesnická univerzita v Brně, Agronomická fakulta, Ústav aplikované a krajinné ekologie. [2007?].
- VOLF, M. 2006. Výsledky pěstování řepky v České republice v roce 2005/2006. In: VOLF, M. *Sborník Hluk: Systém výroby řepky , systém výroby slunečnice*. Praha. 2006, s. 3-21. ISBN 80-87065-00-X.
- VOLF, M. 2007. Výsledky pěstování řepky v České republice v roce 2006/2007. In: VOLF, M. *Sborník Hluk: Systém výroby řepky , systém výroby slunečnice*. Praha. 2007, s. 3-21. ISBN 978-80-87065-03-7.
- VOLF, M. 2008. Výsledky pěstování řepky v České republice v roce 2007/2008. In: VOLF, M. *Sborník Hluk: Systém výroby řepky , systém výroby slunečnice*. Praha. 2008, s. 3-21. ISBN 978-80-87065-07-5.
- VOŽENÍLEK, V. 2001. *Aplikovaná kartografie I. Tematické mapy*. 2. vyd. Olomouc : Univerzita Palackého, 2001. 187 s. ISBN: 802440270X.

## SEZNAM PŘÍLOH

Příloha 1 DVD s elektrickou verzí práce

Příloha 2 Charakteristika BPEJ

BPEJ	Cena půdy (Kč/m <sup>2</sup> )	Genetický půdní představitel	Půdní druh	Expozice	Sklonitost	Skeletovitost	Hloubka půdy (cm)
5.29.01	7,85	hnědé půdy kyselé	středně těžké	všesměrná	0 - 3°	Bezskeletovitá s příměsí	nad 60
5.29.04	5,31	hnědé půdy kyselé	středně těžké	všesměrná	0 - 3°	Středně skel.	30 - 60
5.29.11	6,79	hnědé půdy kyselé	středně těžké	všesměrná	3° - 7°	Bezskeletovitá	nad 60
5.29.14	4,36	hnědé půdy kyselé	středně těžké	všesměrná	3° - 7°	Středně skel.	30 - 60
5.29.41	5,64	hnědé půdy kyselé	středně těžké	jih (JZ až JV)	7° - 12°	Bezskeletovitá	nad 60
5.32.04	3,9	hnědé půdy kyselé	lehké s grusem	všesměrná	0 - 3°	Středně skel.	30 - 60
5.32.11	5,01	hnědé půdy kyselé	lehké s grusem	všesměrná	3° - 7°	Bezskeletovitá	nad 60
5.37.16	1,43	hnědé půdy kyselé, hnědé půdy podzolové	lehké až lehčí středně těžké	všesměrná	3° - 7°	středně skeletovitá	Do 30
5.46.02	6,07	hnědozem oglejená, ilimerizovaná půda (IP) oglejená	středně těžká	všesměrná	0 - 3°	slabě skeletovitá	nad 60
5.46.12	5,01	hnědozem oglejená, IP oglejená	středně těžká	všesměrná	3° - 7°	slabě skeletovitá	nad 60
5.47.12	4,31	oglejená půda (OG)	středně těžká	všesměrná	3° - 7°	slabě skeletovitá	nad 60
5.47.13	3,74	oglejená půda (OG)	středně těžká	všesměrná	3° - 7°	středně skeletovitá	nad 60
5.50.11	5,53	hnědá půda oglejená, OG	středně těžká	všesměrná	3° - 7°	bezskeletovitá	nad 60
5.67.01	1,21	Glejová půda (GL)	středně těžká až velmi těžká	všesměrná	0 - 3°	bezskeletovitá	nad 60
5.68.11	1,2	GL zrašeliněná	dtto	všesměrná	3° - 7°	bezskeletovitá	nad 60

Zdroj: vyhláška č. 327/1998 Sb., 1998

Příloha 3 Průměrné výnosy plodin podle bonity na určitých polích v roce 2002

<b>Pole</b>	<b>Typ plodiny</b>	<b>BPEJ</b>	<b>Průměrný výnos v t/ha</b>
U Zbudovic	oves	5.29.01	2,4
U Zbudovic	pšenice ozimá	5.29.01	5,33
Včelín	řepka ozimá	5.29.01	0,6
U Zbudovic	pšenice ozimá	5.29.04	5,41
Březina	ječmen ozimý	5.29.11	4,41
Lesní Dobytek	řepka ozimá	5.29.11	2,62
Památník	řepka ozimá	5.29.11	3,19
U Zbudovic	pšenice ozimá	5.29.11	6,36
Včelín	řepka ozimá	5.29.11	2,15
Březina	ječmen ozimý	5.29.14	4,79
Lesní Dobytek	řepka ozimá	5.29.14	2,42
Močál	řepka ozimá	5.29.14	2,071
Památník	řepka ozimá	5.29.14	3,21
Proti Památníku	pšenice ozimá	5.29.14	4,87
U Zbudovic	pšenice ozimá	5.29.14	5,4
Včelín	řepka ozimá	5.29.14	1,85
Lesní Dobytek	řepka ozimá	5.46.02	2,26
Památník	řepka ozimá	5.46.02	3,36
Březina	ječmen ozimý	5.47.12	4,08
Památník	řepka ozimá	5.47.12	3,93
Proti Památníku	pšenice ozimá	5.47.13	5,13
Památník	řepka ozimá	5.67.01	2,58
Proti Památníku	pšenice ozimá	5.67.01	5,68
Lesní Dobytek	řepka ozimá	5.68.11	1,46
Proti Památníku	pšenice ozimá	5.68.11	4,06
U Zbudovic	pšenice ozimá	5.68.11	4,68
Včelín	řepka ozimá	5.68.11	1,01

Příloha 4. Průměrné výnosy plodin podle bonity na určitých polích v roce 2003

<b>Pole</b>	<b>Typ plodiny</b>	<b>BPEJ</b>	<b>Průměrný výnos v t/ha</b>
Březina	řepka ozimá	5.29.01	2,17
Lesní Dobytek	pšenice ozimá	5.29.01	5,01
Památník	pšenice ozimá	5.29.01	6,17
U Čápa	pšenice ozimá	5.29.01	5,95
U Zbudovic	pšenice ozimá	5.29.01	4,37
Vrkotovo	pšenice ozimá	5.29.01	5
Vrkotovo	pšenice ozimá	5.29.04	4,06
Březina	řepka ozimá	5.29.11	2,1
Památník	pšenice ozimá	5.29.11	5,88
Včelín	pšenice ozimá	5.29.11	5,51
Vrkotovo	pšenice ozimá	5.29.11	4,75
Březina	řepka ozimá	5.29.14	2,78
Lesní Dobytek	pšenice ozimá	5.29.14	5,44
Památník	pšenice ozimá	5.29.14	4,72
Proti Památníku	pšenice ozimá	5.29.14	1,58
U Čápa	pšenice ozimá	5.29.14	5,71
U Zbudovic	pšenice ozimá	5.29.14	4,37
Včelín	pšenice ozimá	5.29.14	6,02
Lesní Dobytek	pšenice ozimá	5.46.02	5,24
Památník	pšenice ozimá	5.46.02	6,18
Vrkotovo	pšenice ozimá	5.46.12	3,95
Březina	řepka ozimá	5.47.12	2,49
Památník	pšenice ozimá	5.47.12	6,85
Proti Památníku	pšenice ozimá	5.47.13	2,11
Vrkotovo	pšenice ozimá	5.47.13	2,68
Lesní Dobytek	pšenice ozimá	5.67.01	4,56
Památník	pšenice ozimá	5.67.01	4,8
Proti Památníku	pšenice ozimá	5.67.01	2,02
U Čápa	pšenice ozimá	5.67.01	4,02
Lesní Dobytek	pšenice ozimá	5.68.11	3,75
Proti Památníku	pšenice ozimá	5.68.11	2,15
U Zbudovic	pšenice ozimá	5.68.11	2,07
Včelín	pšenice ozimá	5.68.11	5,28

Příloha 5. Průměrné výnosy plodin podle bonity na určitých polích v roce 2005

<b>Pole</b>	<b>Typ plodiny</b>	<b>BPEJ</b>	<b>Průměrný výnos v t/ha</b>
Lesní Dobytek	řepka ozimá	5.29.01	3,59
Památník	řepka ozimá	5.29.01	5,16
U Čápa	řepka ozimá	5.29.01	4,44
U Zbudovic	řepka ozimá	5.29.01	5,64
Vrkotovo	řepka ozimá	5.29.01	5,35
U Zbudovic	řepka ozimá	5.29.04	5,5
Vrkotovo	řepka ozimá	5.29.04	4,97
Památník	řepka ozimá	5.29.11	4,45
Vrkotovo	řepka ozimá	5.29.11	5,16
Lesní dobytek	řepka ozimá	5.29.14	3,87
Močál	pšenice ozimá	5.29.14	5,3
Památník	řepka ozimá	5.29.14	4,87
Proti Památníku	pšenice ozimá	5.29.14	6,26
U Čápa	řepka ozimá	5.29.14	3,85
U Zbudovic	řepka ozimá	5.29.14	5,15
Včelín	pšenice ozimá	5.29.14	6,25
Vrkotovo	řepka ozimá	5.29.14	4,1
Lesní Dobytek	řepka ozimá	5.46.02	4,1
Památník	řepka ozimá	5.46.02	5,21
Vrkotovo	řepka ozimá	5.46.12	3,46
Památník	řepka ozimá	5.47.12	5,05
Vrkotovo	řepka ozimá	5.47.13	4,81
Lesní Dobytek	řepka ozimá	5.67.01	3,11
Památník	řepka ozimá	5.67.01	3,81
Lesní Dobytek	řepka ozimá	5.68.11	2,81
U Zbudovic	řepka ozimá	5.68.11	2,39

Příloha 6 Průměrné výnosy plodin podle bonity na určitých polích v roce 2006

<b>Pole</b>	<b>Typ plodiny</b>	<b>BPEJ</b>	<b>Průměrný výnos v t/ha</b>
Březina	řepka ozimá	5.29.01	5,42
Lesní Dobytek	pšenice ozimá	5.29.01	6,25
Památník	pšenice ozimá	5.29.01	7,69
U Čápa	pšenice ozimá	5.29.01	7,7
U Zbudovic	pšenice ozimá	5.29.01	7,49
Vrkotovo	pšenice ozimá	5.29.01	6,98
U Zbudovic	pšenice ozimá	5.29.04	6,78
Vrkotovo	pšenice ozimá	5.29.04	8,49
Březina	řepka ozimá	5.29.11	5,47
Památník	pšenice ozimá	5.29.11	7,37
U Schořova	pšenice ozimá	5.29.11	5,99
U Zbudovic	pšenice ozimá	5.29.11	5,92
Včelín	pšenice jarní	5.29.11	4,36
Vrkotovo	pšenice ozimá	5.29.11	6,7
Březina	řepka ozimá	5.29.14	5,79
Lesní Dobytek	pšenice ozimá	5.29.14	6,3
Močál	pšenice jarní	5.29.14	3,87
Památník	pšenice ozimá	5.29.14	7,46
Proti Památníku	pšenice ozimá	5.29.14	6,51
U Čápa	pšenice ozimá	5.29.14	7,32
U Zbudovic	pšenice ozimá	5.29.14	6,53
Včelín	pšenice jarní	5.29.14	4,13
Vyhlídká	pšenice jarní	5.29.14	5,35
U Schořova	pšenice ozimá	5.32.04	6,55
U Schořova	pšenice ozimá	5.32.11	6,78
U Schořova	pšenice ozimá	5.37.16	6,58
Lesní Dobytek	pšenice ozimá	5.46.02	5,27
Památník	pšenice ozimá	5.46.02	7,68
U Zbudovic	pšenice ozimá	5.46.12	6,75
Vrkotovo	pšenice ozimá	5.46.12	6,83
Březina	řepka ozimá	5.47.12	5,64
Památník	pšenice ozimá	5.47.12	8,14
Proti Památníku	pšenice ozimá	5.47.13	4,93
Vrkotovo	pšenice ozimá	5.47.13	6,95
U Zbudovic	pšenice ozimá	5.50.11	5,6
Lesní Dobytek	pšenice ozimá	5.67.01	5,92
Památník	pšenice ozimá	5.67.01	6,38
Proti Památníku	pšenice ozimá	5.67.01	4,42
U Čápa	pšenice ozimá	5.67.01	5,12
U Zbudovic	pšenice ozimá	5.67.01	4,66
Lesní Dobytek	pšenice ozimá	5.68.11	5,28
Proti Památníku	pšenice ozimá	5.68.11	3,56
U Zbudovic	pšenice ozimá	5.68.11	7,21
Včelín	pšenice jarní	5.68.11	3,08
Včelín	pšenice jarní	5.68.11	3,08




Příloha 7 Průměrné výnosy plodin podle bonity na určitých polích v roce 2007





<b>Pole</b>	<b>Typ plodiny</b>	<b>BPEJ</b>	<b>Průměrný výnos v t/ha</b>
Březina	pšenice ozimá	5.29.01	6,62
Lesní Dobytek	proso	5.29.01	5,35
Památník	řepka ozimá	5.29.01	5,9
U Čápa	proso	5.29.01	5,61
U Zbudovic	ječmen ozimý	5.29.01	7,92
Vrkotovo	ječmen ozimý	5.29.01	6,75
U Zbudovic	ječmen ozimý	5.29.04	7,58
Vrkotovo	ječmen ozimý	5.29.04	6,65
Březina	pšenice ozimá	5.29.11	7,35
Památník	pšenice ozimá	5.29.11	5,83
U Schořova	pšenice ozimá	5.29.11	6,51
U Zbudovic	ječmen ozimý	5.29.11	7,19
Včelín	kostřava	5.29.11	3,39
Vrkotovo	ječmen ozimý	5.29.11	6,85
Březina	pšenice ozimá	5.29.14	6,5
Lesní Dobytek	proso	5.29.14	5,74
Močál	kostřava	5.29.14	2,93
Památník	řepka ozimá	5.29.14	5,97
Proti Památníku	řepka ozimá	5.29.14	5,5
U Čápa	proso	5.29.14	4,98
U Zbudovic	ječmen ozimý	5.29.14	6,94
Včelín	kostřava	5.29.14	3,38
Vyhlička	kostřava	5.29.14	3,6
U Schořova	pšenice ozimá	5.32.04	6,56
U Schořova	pšenice ozimá	5.32.11	5,79
U Schořova	pšenice ozimá	5.37.16	6
Lesní Dobytek	pšenice ozimá	5.46.02	5,92
Památník	řepka ozimá	5.46.02	5,81
U Zbudovic	ječmen ozimý	5.46.12	7,21
Vrkotovo	ječmen ozimý	5.46.12	5,75
Březina	pšenice ozimá	5.47.12	6,86
Památník	řepka ozimá	5.47.12	5,63
Proti Památníku	řepka ozimá	5.47.13	4,54
Vrkotovo	ječmen ozimý	5.47.13	6,41
U Zbudovic	ječmen ozimý	5.50.11	6,28
Lesní Dobytek	proso	5.67.01	5,14
Památník	řepka ozimá	5.67.01	4,67
Proti Památníku	řepka ozimá	5.67.01	5,14
U Čápa	proso	5.67.01	6,03
U Zbudovic	ječmen ozimý	5.67.01	7,54
Lesní Dobytek	proso	5.68.11	4,87
Proti Památníku	řepka ozimá	5.68.11	3,69
U Zbudovic	ječmen ozimý	5.68.11	6,39
Včelín	kostřava	5.68.11	2,6
Včelín	kostřava	5.68.11	2,6




Příloha 8 Průměrné výnosy plodin podle bonity na určitých polích v roce 2008

<b>Pole</b>	<b>Typ plodiny</b>	<b>BPEJ</b>	<b>Průměrný výnos v t/ha</b>
Březina	pšenice ozimá	5.29.01	7,96
Lesní Dobytek	pšenice ozimá	5.29.01	8,70
Památník	pšenice ozimá	5.29.01	10,92
U Čápa	pšenice ozimá	5.29.01	9,22
U Schořova	řepka ozimá	5.29.01	4,55
U Zbudovic	řepka ozimá	5.29.01	7,30
Vrkotovo	řepka ozimá	5.29.01	7,65
U Zbudovic	řepka ozimá	5.29.04	6,29
Vrkotovo	řepka ozimá	5.29.04	7,67
Březina	pšenice ozimá	5.29.11	8,00
Památník	pšenice ozimá	5.29.11	10,88
U Schořova	řepka ozimá	5.29.11	5,54
U Zbudovic	řepka ozimá	5.29.11	5,83
Včelín	ječmen ozimý	5.29.11	2,86
Vrkotovo	řepka ozimá	5.29.11	7,53
Březina	pšenice ozimá	5.29.14	8,26
Lesní Dobytek	pšenice ozimá	5.29.14	9,73
Památník	pšenice ozimá	5.29.14	10,10
Proti Památníku	pšenice ozimá	5.29.14	9,82
U Čápa	pšenice ozimá	5.29.14	8,80
U Zbudovic	řepka ozimá	5.29.14	5,45
Včelín	ječmen ozimý	5.29.14	2,60
U Schořova	řepka ozimá	5.32.11	5,31
U Schořova	řepka ozimá	5.32.04	5,65
U Schořova	řepka ozimá	5.37.16	5,37
Lesní Dobytek	pšenice ozimá	5.46.02	8,83
Památník	pšenice ozimá	5.46.02	10,81
U Zbudovic	řepka ozimá	5.46.12	6,02
Vrkotovo	řepka ozimá	5.46.12	6,46
Březina	pšenice ozimá	5.47.12	9,27
Památník	pšenice ozimá	5.47.12	11,03
Proti Památníku	pšenice ozimá	5.47.13	8,68
Vrkotovo	řepka ozimá	5.47.13	5,72
U Zbudovic	řepka ozimá	5.50.11	5,88
Lesní Dobytek	pšenice ozimá	5.67.01	8,01
Památník	pšenice ozimá	5.67.01	8,30
Proti Památníku	pšenice ozimá	5.67.01	8,79
U Čápa	pšenice ozimá	5.67.01	7,30
U Zbudovic	řepka ozimá	5.67.01	5,26
Lesní Dobytek	řepka ozimá	5.68.11	7,32
Proti Památníku	pšenice ozimá	5.68.11	6,21
U Zbudovic	řepka ozimá	5.68.11	4,36
Včelín	ječmen ozimý	5.68.11	2,49

**Příloha 9 Březí - Zbudovice**

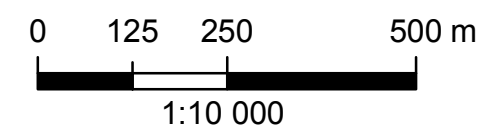
-  hranice zkoumaných polí
-  budovy
-  elektrické vedení

- Komunikace**
-  silnice II.třídy
  -  silnice III.třídy
  -  zpevněná cesta
  -  nezpevněná cesta

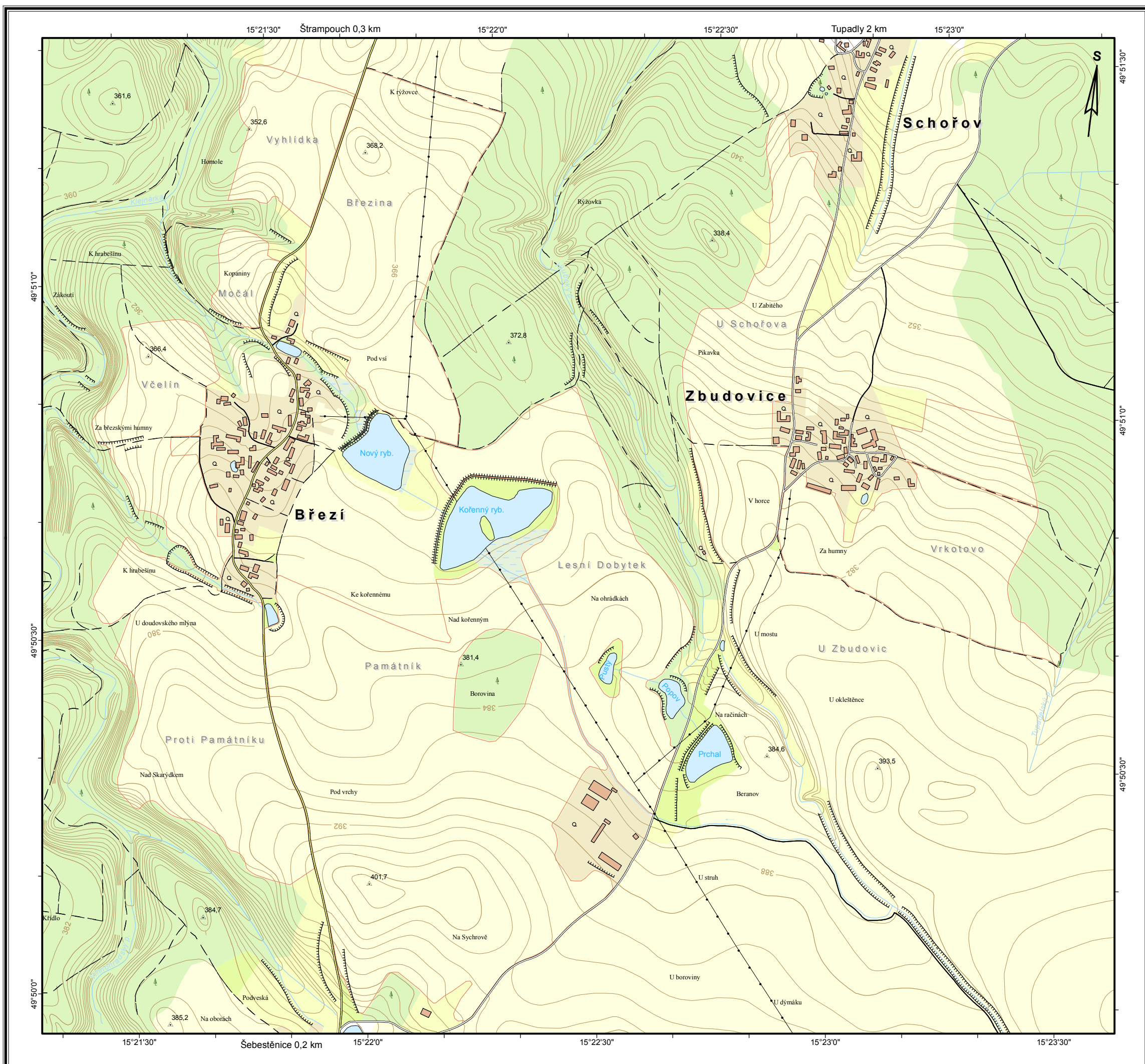
- Přírodní objekty a jevy**
-  vrstevnice
  -  vyskovy\_bod
  -  <all other values>

-  Hluboký p. vodní toky
-  sipka
-  Nový r. vodní plocha
-  louky,pastviny
-  les,křoviny
-  trvale travní porost
-  Rule\_8
-  pole
-  zastavěná plocha
-  mokřina,močál

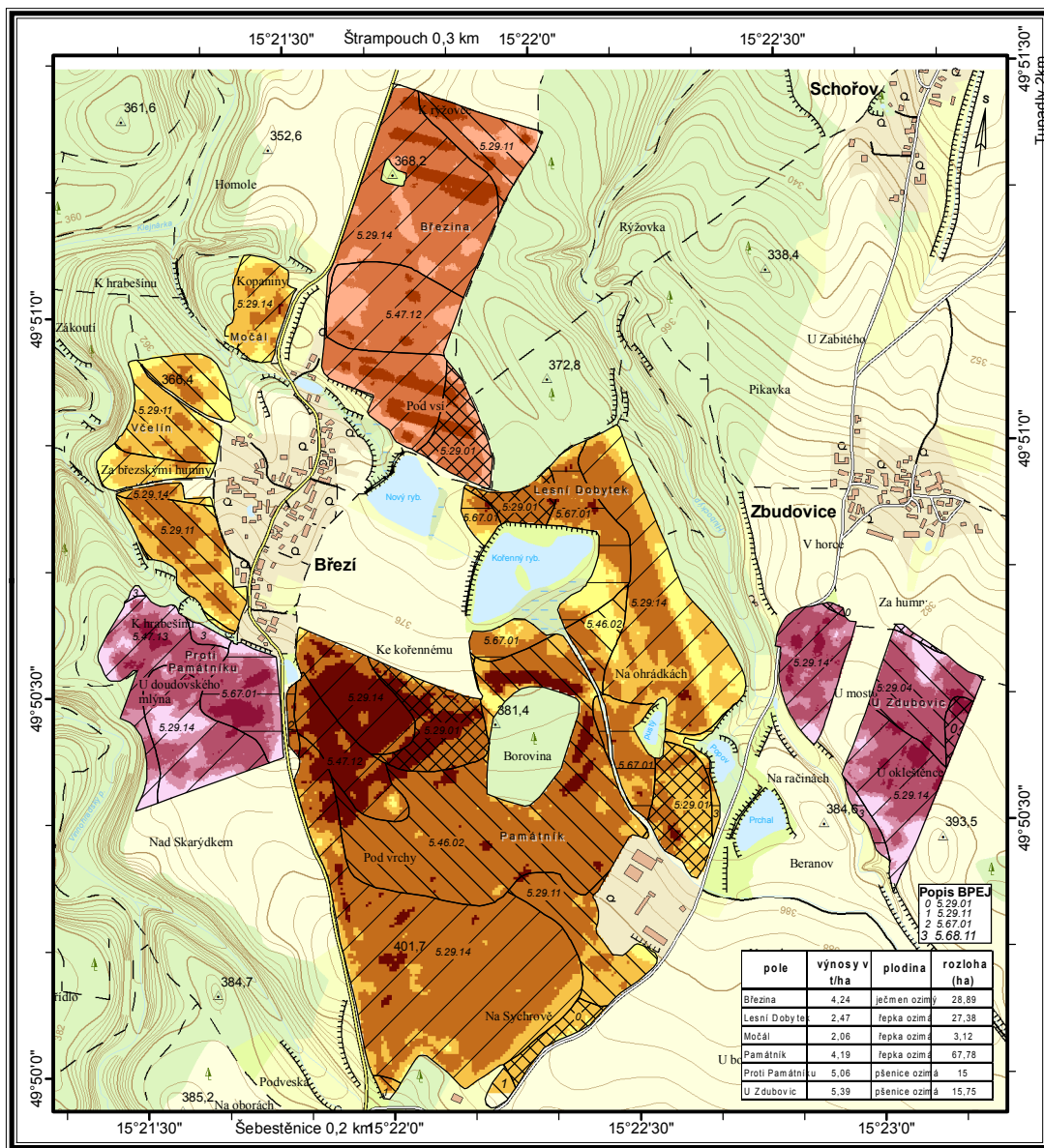
- Jména**
- Březí** vesnice
  - Vrkotovo pole
  - Za humny pomístní jména pozemková



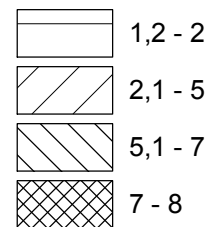
Zdroj: Český úřad zeměměřičský a katastrální [online]. [2009][cit. 2009-07-30]. Dostupné z URL: <http://www.cuzk.cz/>.



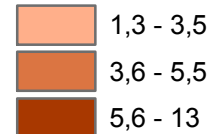
Příloha 10 Výnosy plodin ZD Krchleby v roce 2002



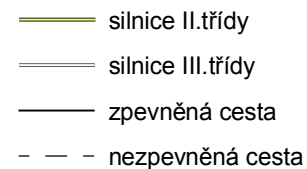
Cena půdy podle BPEJ v Kč/m<sup>2</sup>



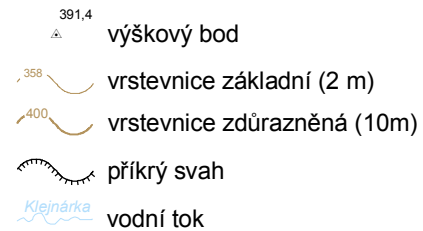
Výnosy ječmene ozimého v t/ha



Komunikace



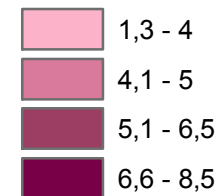
Přírodní objekty a jevy



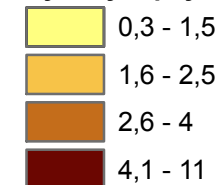
Jména a zkratky

- 5.29.11 Popis BPEJ
- U mostu Pomístní jména pozemková

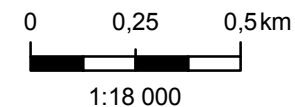
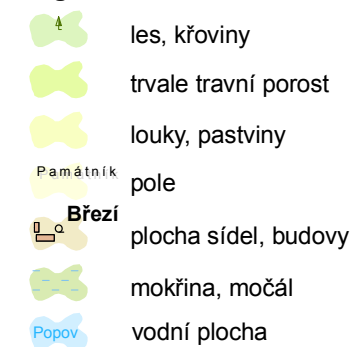
Výnosy pšenice ozimá v t/ha



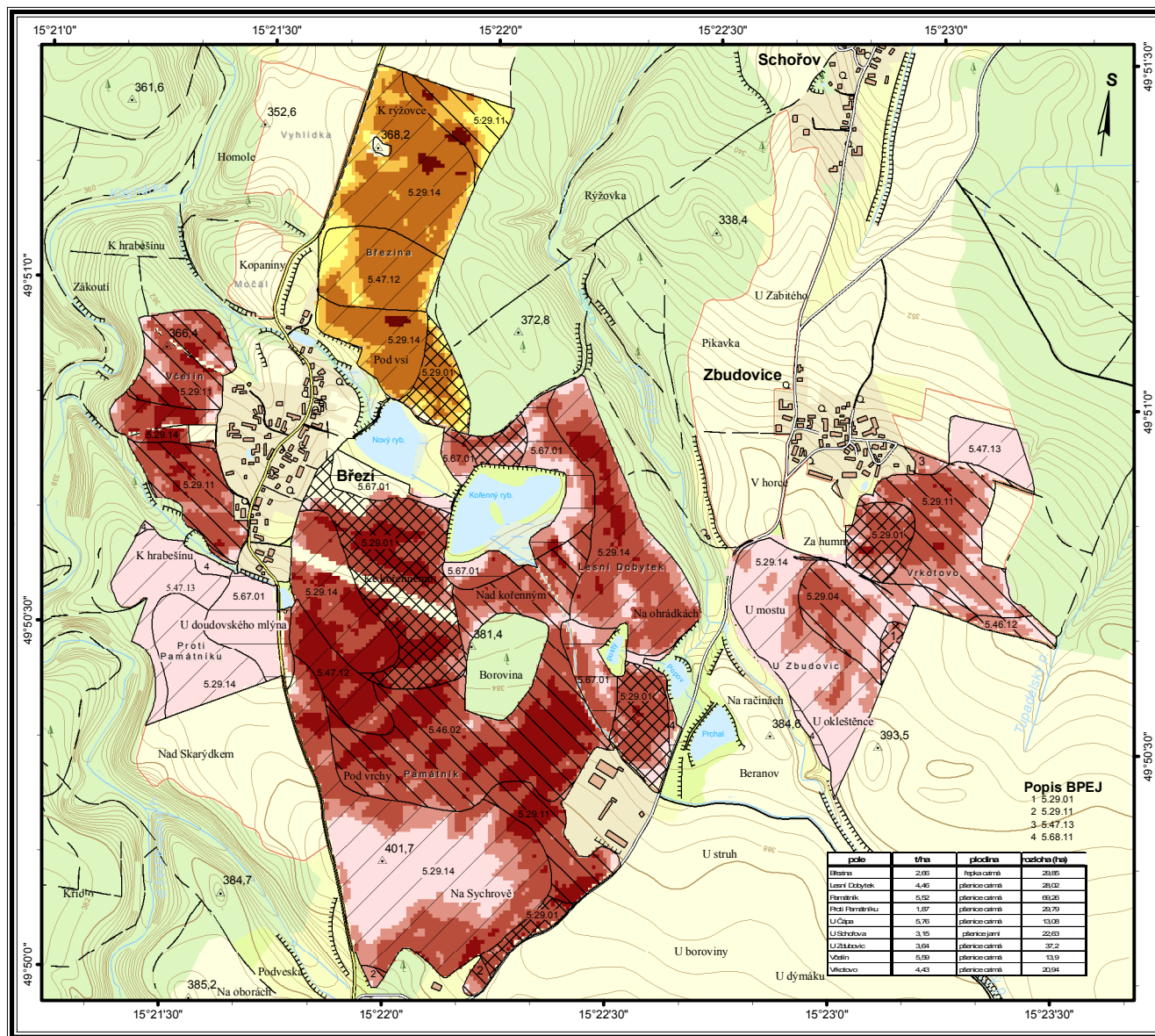
Výnosy řepky ozimé v t/ha



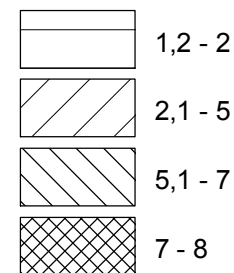
Vegetace



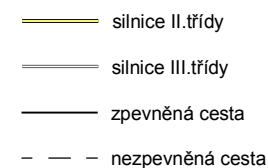
Příloha 11 Výnosy plodin ZD Krchleby v roce 2003



**Ceny půdy podle BPEJ v Kč/m<sup>2</sup>**

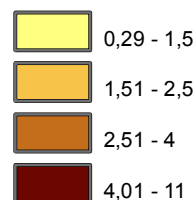


**Komunikace**

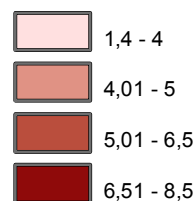


**Vegetace**

**Výnosy řepky ozimé v t/ha**



**Výnosy pšenice ozimé v t/ha**

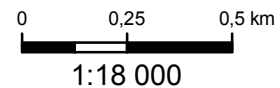
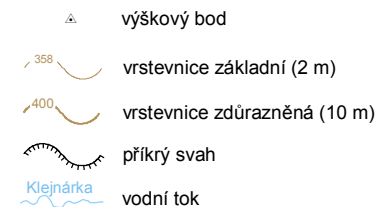


hranice zkoumaných polí

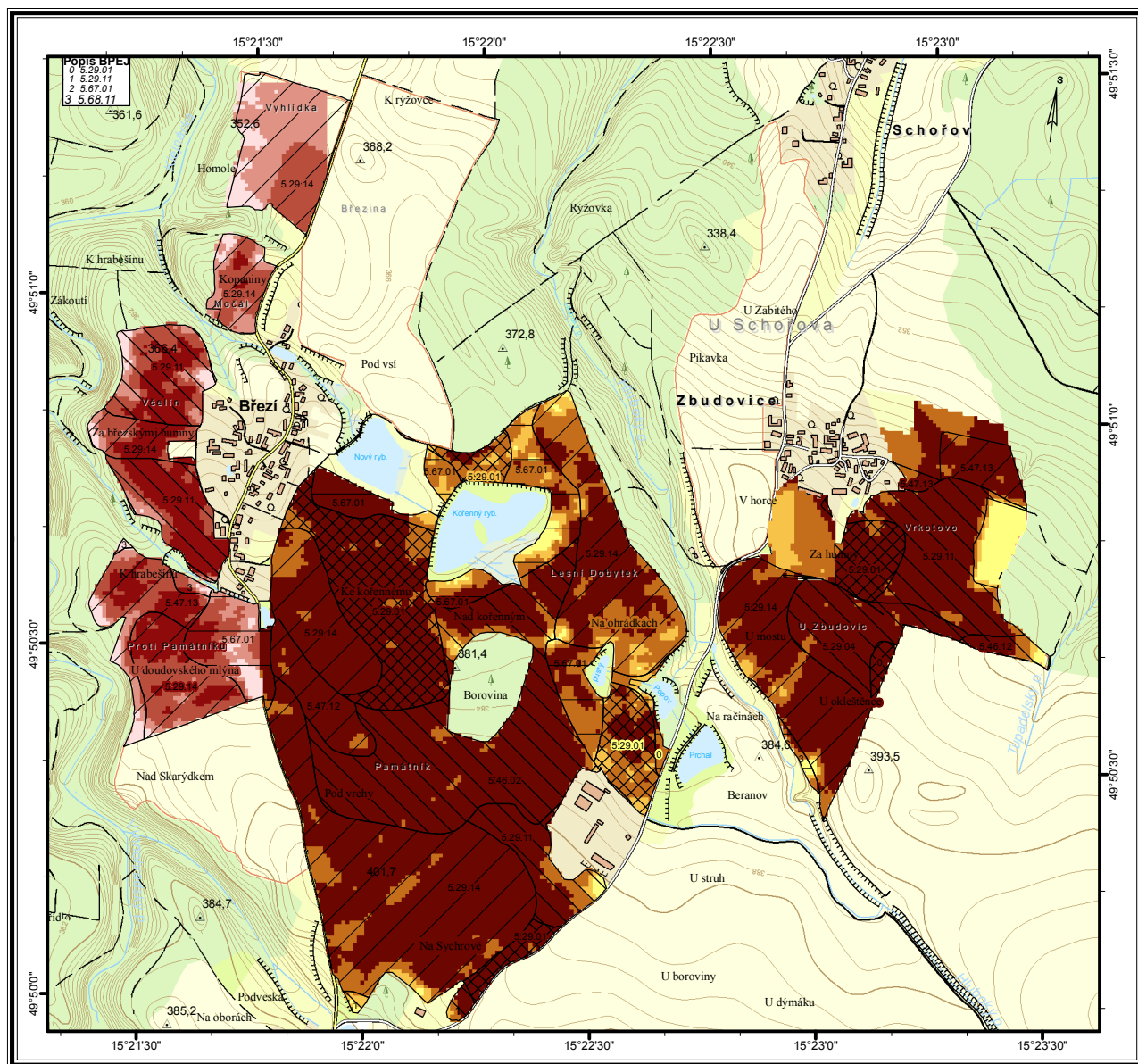
**Jména a zkratky**

Za humny místní, pomístní název  
5.29.11 popis BPEJ

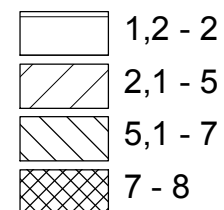
**Přírodní objekty a jevy**



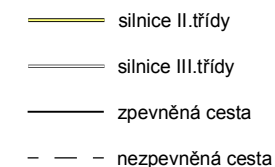
Příloha 12 Výnosy plodin ZD Krchleby v roce 2005



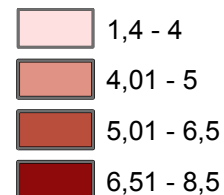
Cena půdy podle BPEJ v Kč/m<sup>2</sup>



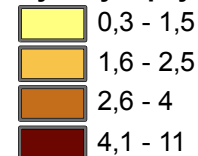
Komunikace



Výnosy pšenice ozimé v t/ha



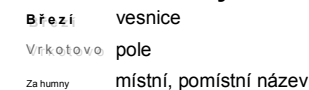
Výnosy řepky ozimé v t/ha



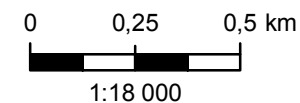
Přírodní objekty a jevy



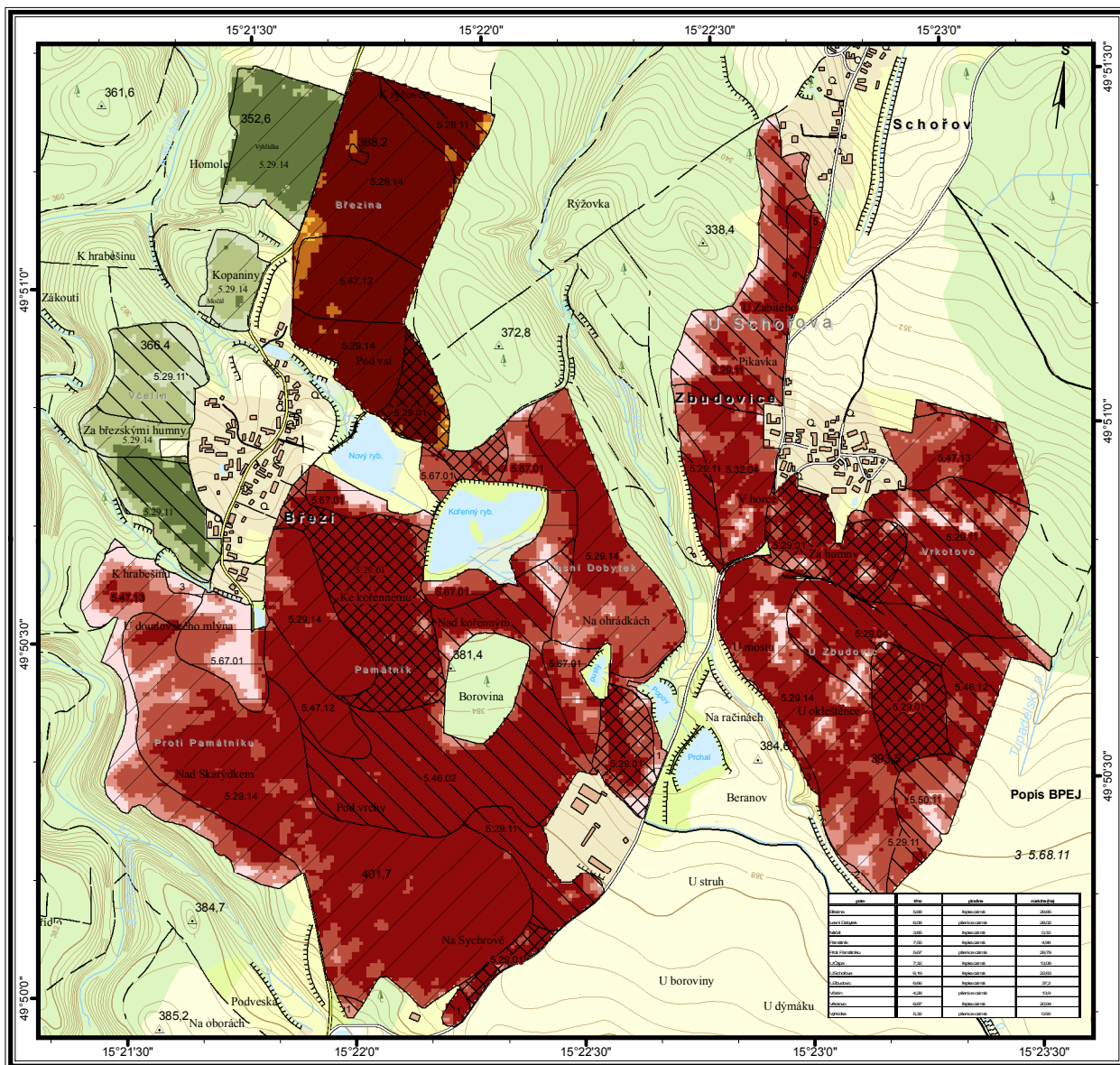
Jména a zkratky



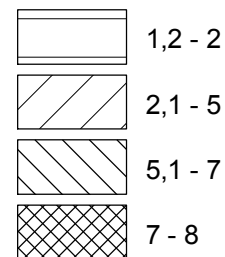
Vegetace



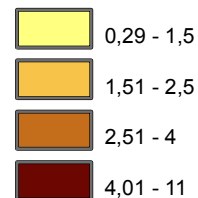
Příloha 13 Výnosy plodin ZD Krchleby v roce 2006



**Cena půdy podle BPEJ v Kč/m<sup>2</sup>**



**Výnos řepky ozimé v t/ha**



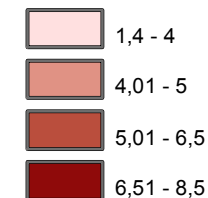
**Vegetace**



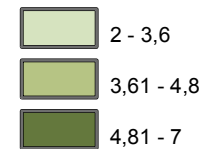
**Jména a zkratky**

5.29.11 Popis BPEJ  
U mostu Pomístní jména pozemková

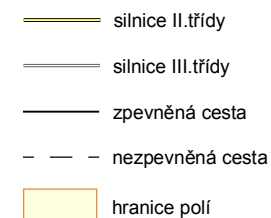
**Výnos pšenice ozimé v t/ha**



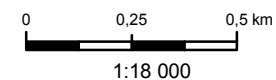
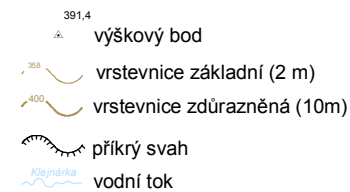
**Výnos pšenice jarní v t/ha**



**Komunikace**

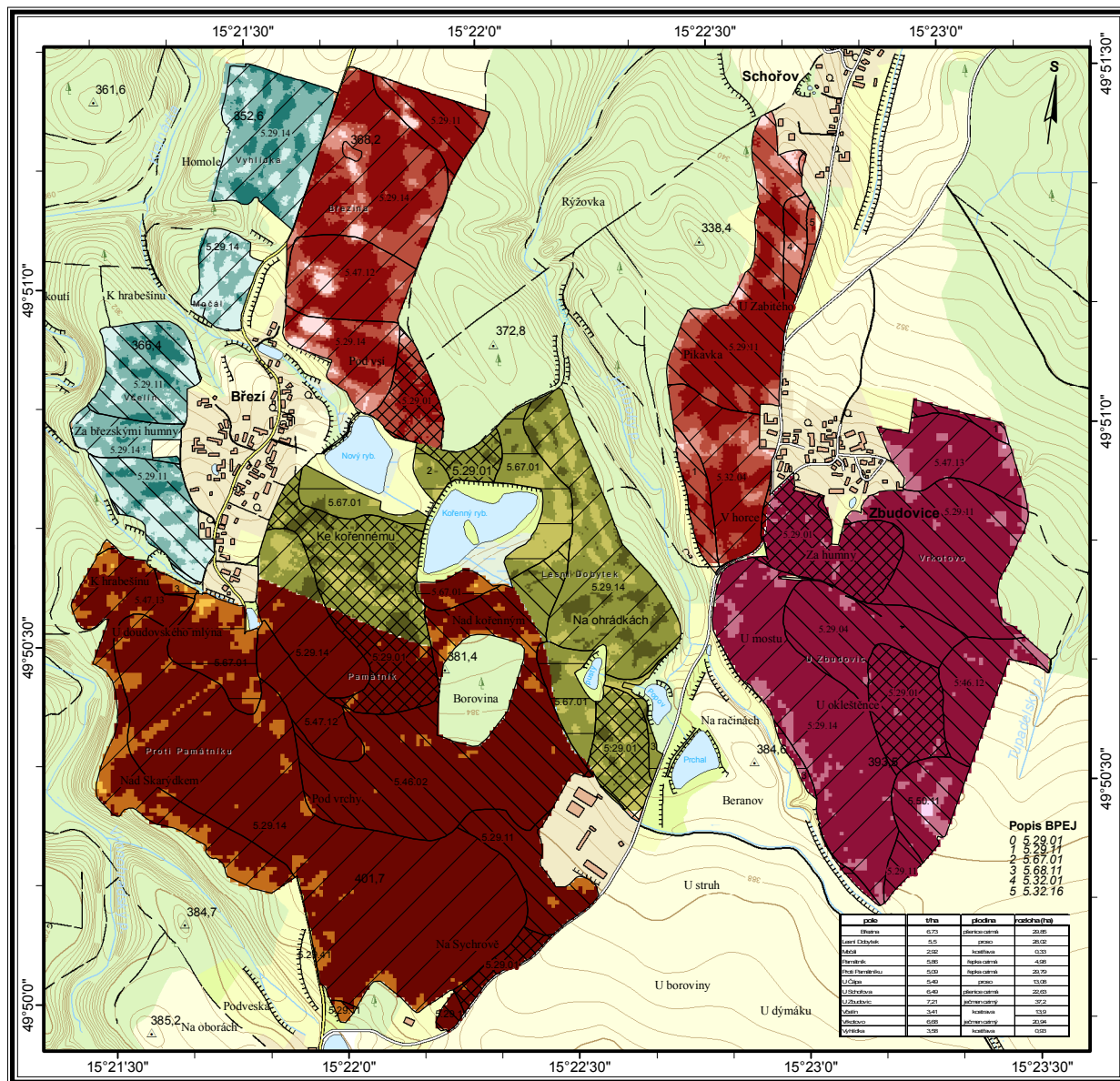


**Přírodní objekty a jevy**

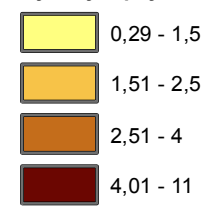


Zdroj: Český úřad zemědělský a katastrální [online]. [2009] [cit. 2009/07/30]. Dostupné u URL: <<http://www.cuzk.cz/>>.

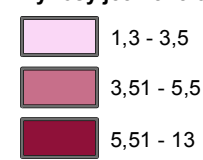
Příloha 14 Výnos plodin ZD Krchleby v roce 2007



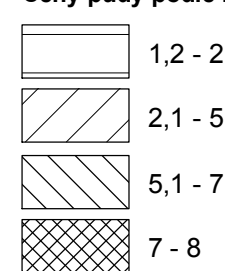
**Výnosy řepky ozimé v t/ha**



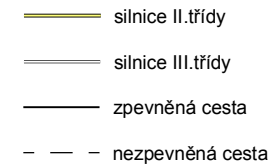
**Výnosy ječmene ozimého (t/ha)**



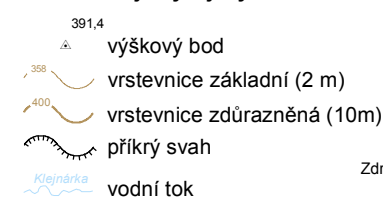
**Ceny půdy podle BPEJ v Kč/m<sup>2</sup>**



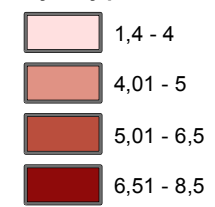
**Komunikace**



**Přírodní objekty a jevy**



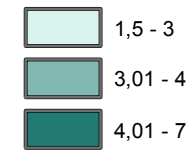
**Výnosy pšenice ozimé v t/ha**



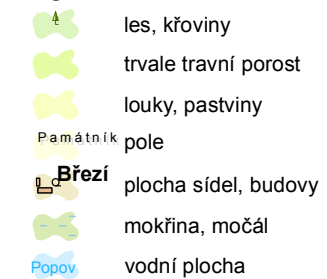
**výnos prosa (t/ha)**



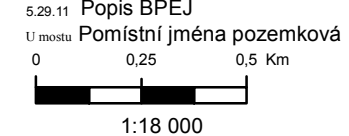
**Kostřava v t/ha**



**Vegetace**

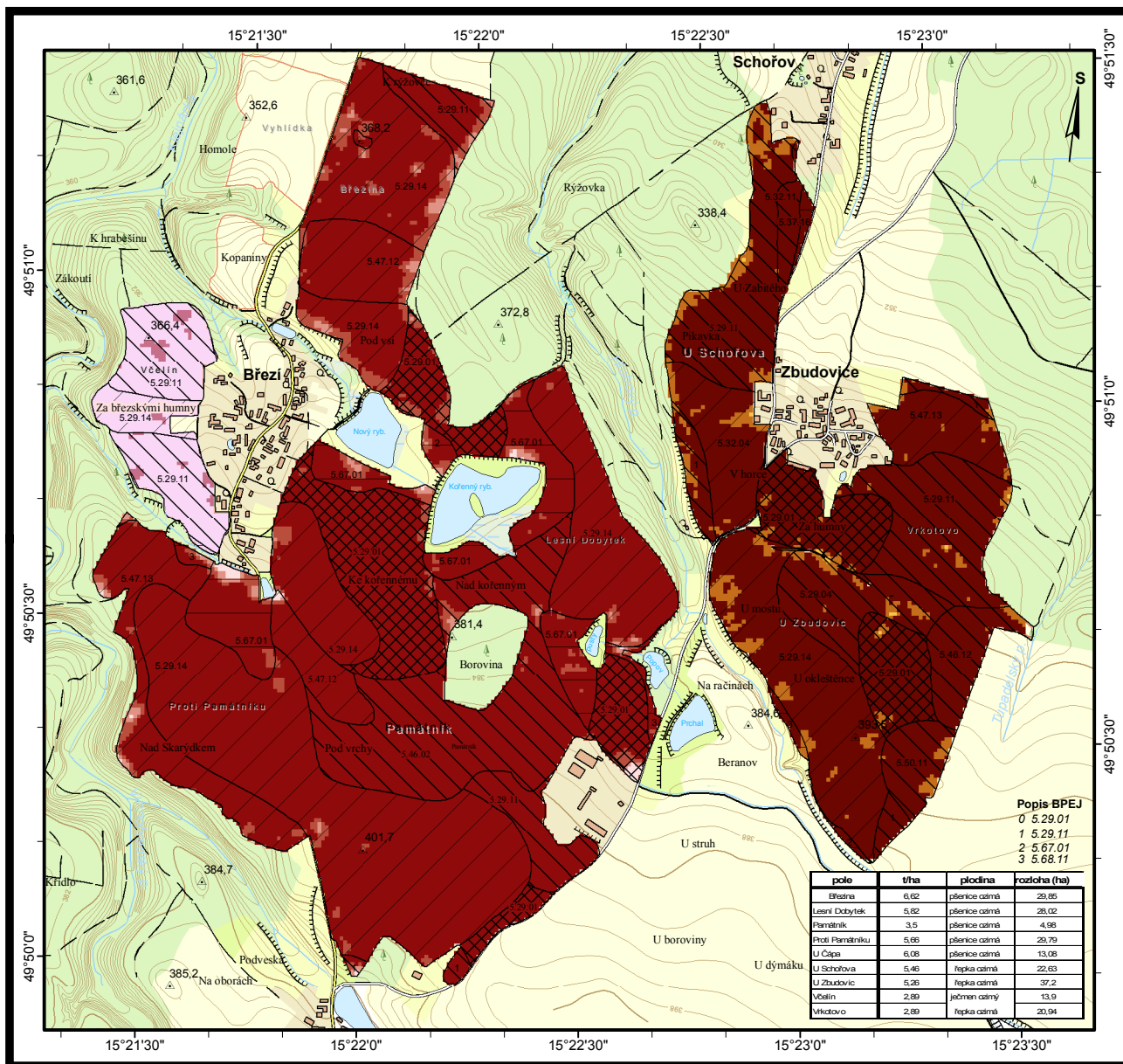


**Jména a zkratky**



Zdroj: Český úřad zemědělský a katastrální [online]. [2009] [cit. 2009/07/30]. Dostupné u URL: <http://www.cuzk.cz/>.

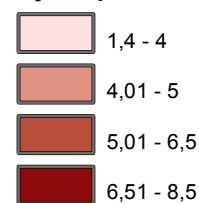
Příloha 15 Výnosy plodin ZD Krchleby v roce 2008



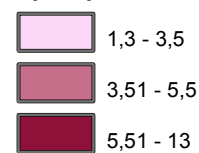
Ceny půdy podle BPEJ v Kč/m<sup>2</sup>



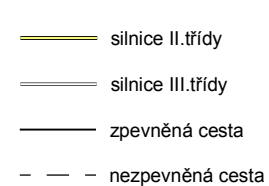
Výnos pšenice ozimé v t/ha



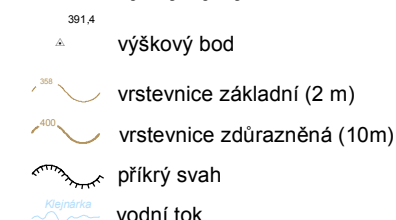
Výnos ječmene ozimého v t/ha



Komunikace



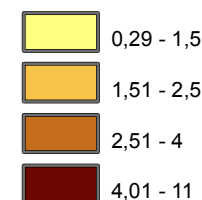
Přírodní objekty a jevy



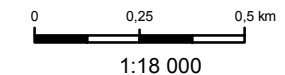
Jména a zkratky

5.29.11 Popis BPEJ  
U mostu Pomístní jména pozemková

Výnos řepky ozimé v t/ha

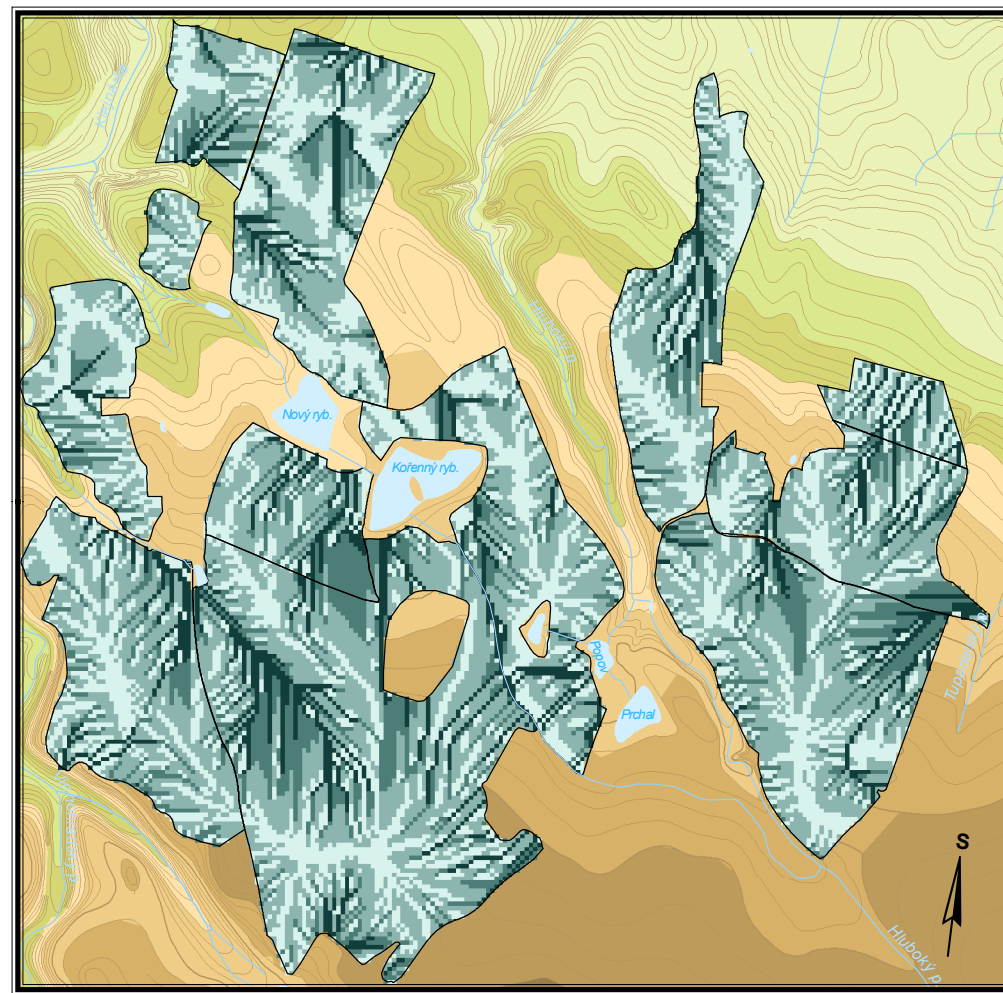
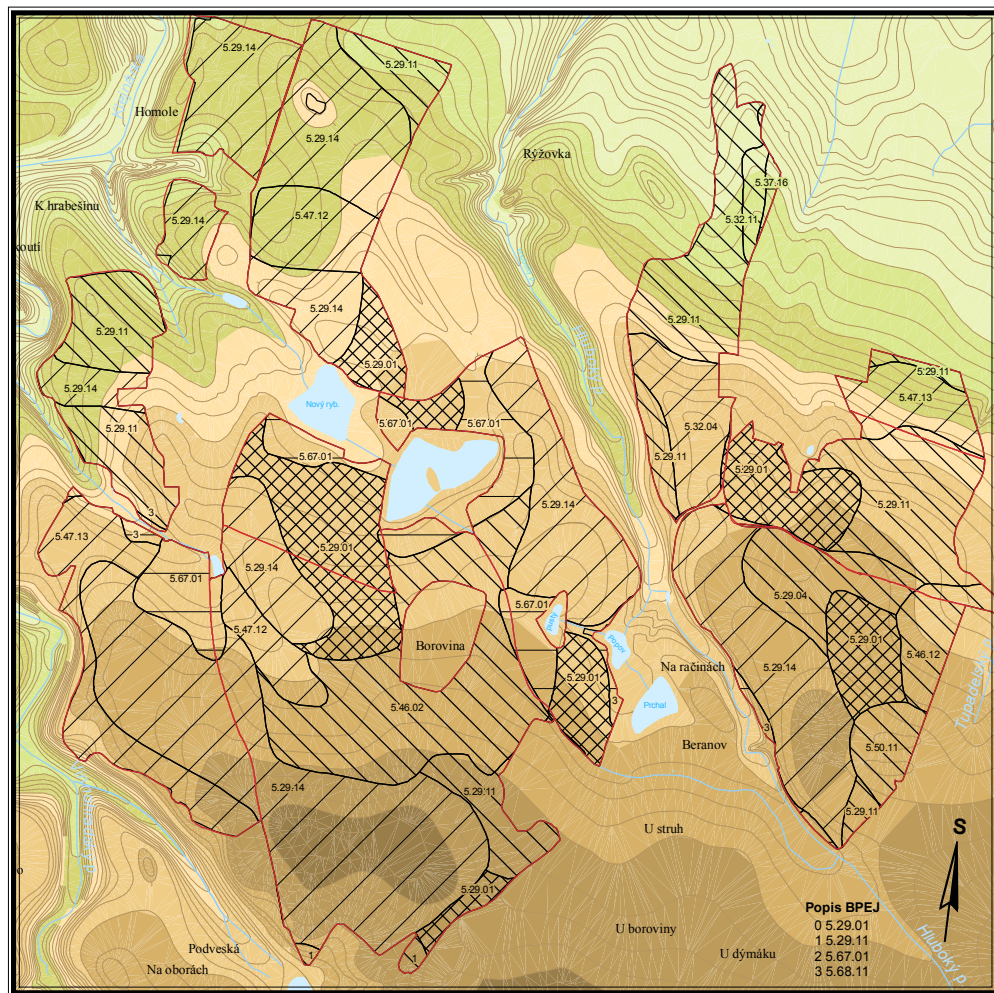


Vegetace



pole	t/ha	plodina	rozloha (ha)
Března	6,62	pšenice ozimé	29,85
Lesní Dobýtek	5,62	pšenice ozimé	28,02
Památník	3,5	pšenice ozimé	4,98
Proti Památníku	5,66	pšenice ozimé	29,79
U Čápa	6,08	pšenice ozimé	13,08
U Schořova	5,46	řepka ozimé	22,63
U Zbudovic	5,26	řepka ozimé	37,2
Věselín	2,89	ječmen ozimý	13,9
Vrkotovo	2,89	řepka ozimé	20,94

Zdroj: Český úřad zemědělský a katastrální [online]. [2009]. [cit. 2009/07/30]. Dostupné z URL: <http://www.cuzk.cz/>.

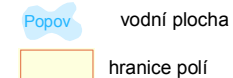
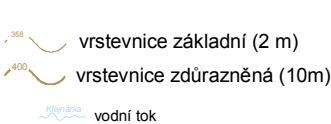
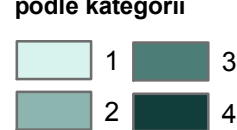
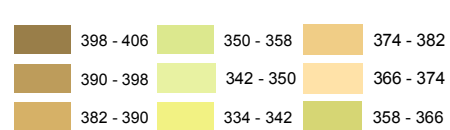
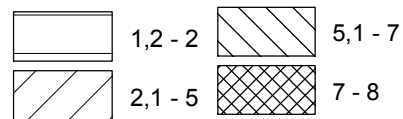


**Cena půdy podle BPEJ v Kč/m**

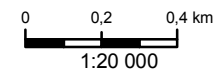
**Nadmořská výška v m n. m.**

**Akumulace vody podle kategorií**

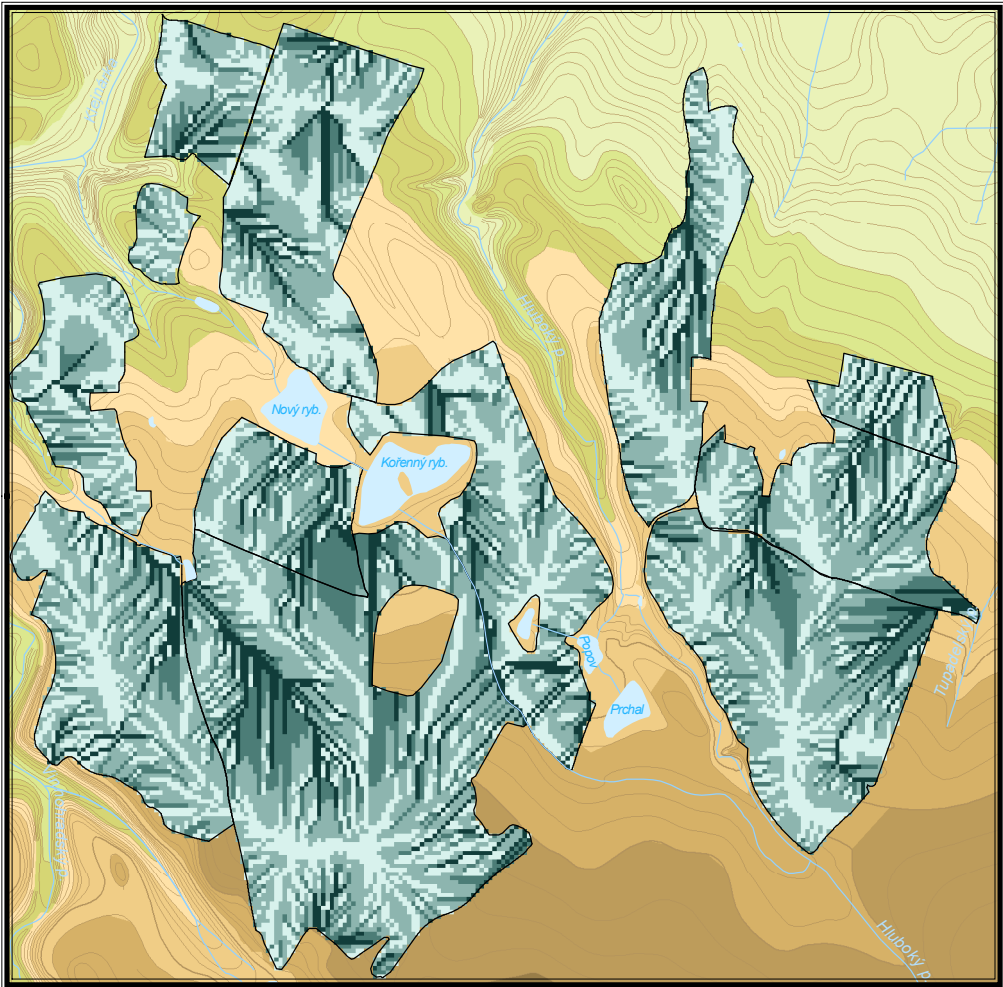
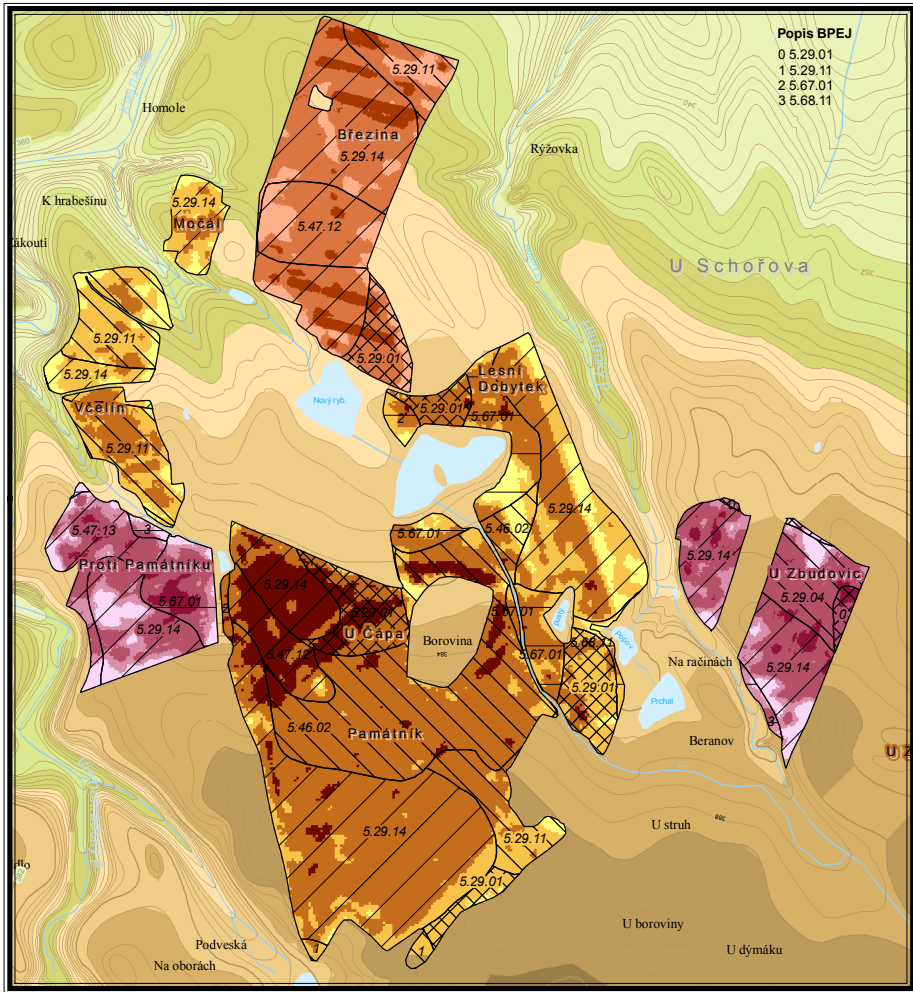
**Přírodní objekty a jevy**



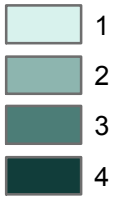
5.29.11 Popis BPEJ  
U mostu Pomístní jména pozemková



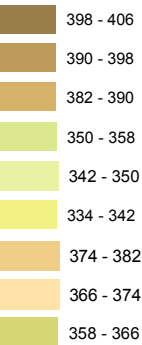
Příloha 17 Výnosy plodin a akumulace vody v roce 2002



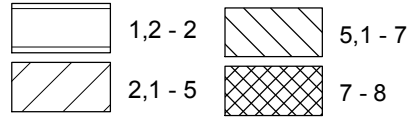
**Akumulace vody podle kategorií**



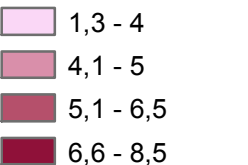
**Nadmořská výška (m n. m.)**



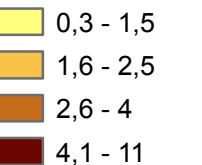
**Cena půdy podle BPEJ v Kč/m<sup>2</sup>**



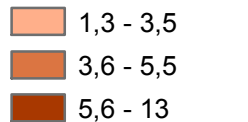
**Pšenice ozimé v t/ha**



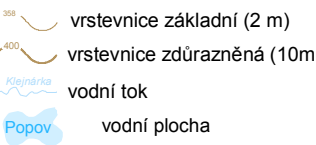
**Řepka ozimá v t/ha**



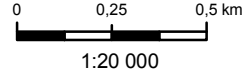
**Jecmen ozimý v t/ha**



**Přírodní objekty a jevy**

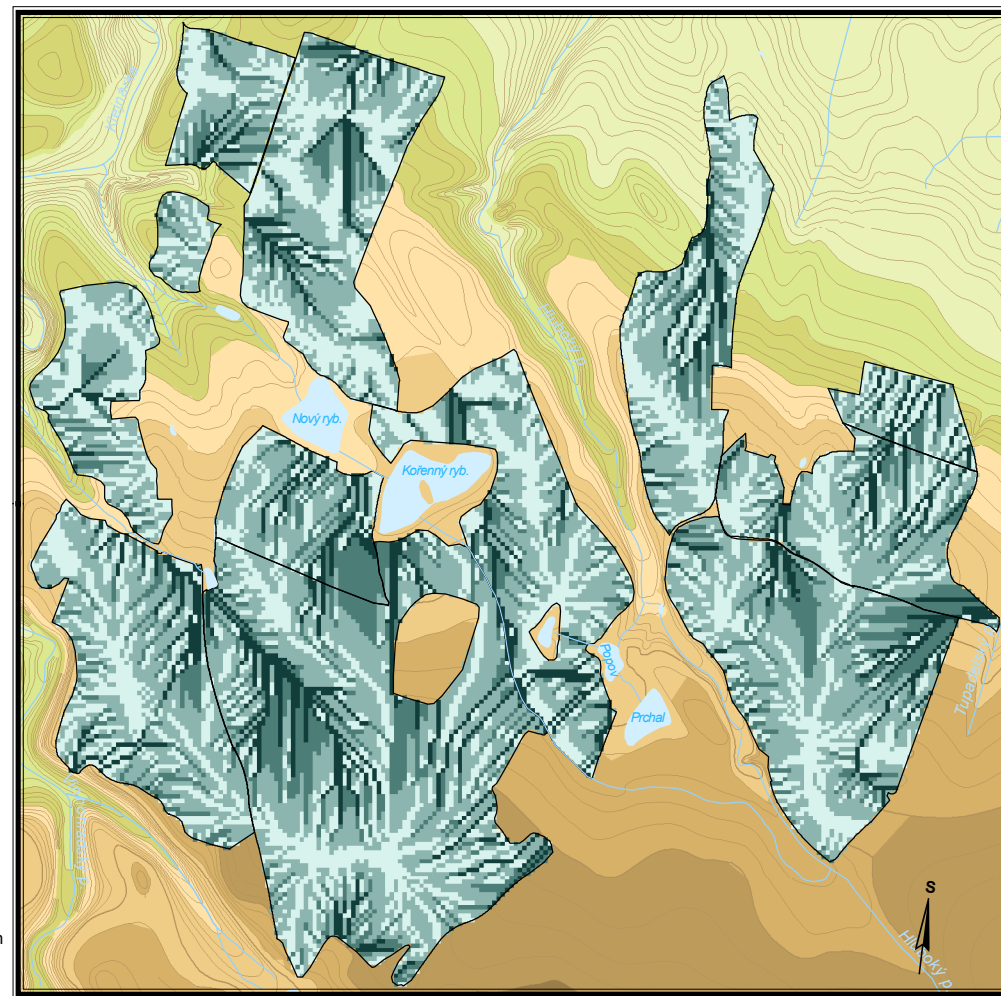
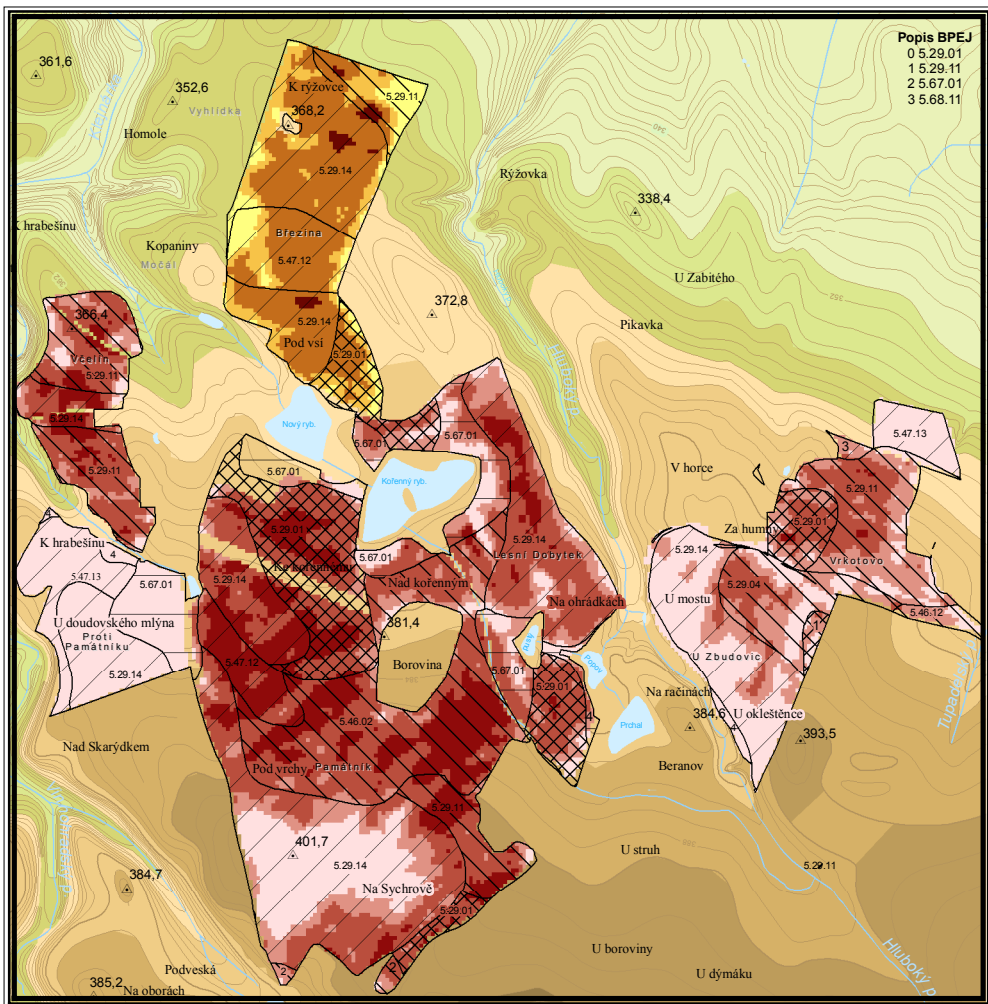


5.29.11 Popis BPEJ  
U mostu Pomístní jména pozemková

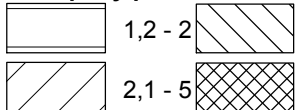


Zdroj: Český úřad zemědělský a katastrální [online]. [2009]. [cit. 2009/07/30]. Dostupné u URL: <<http://www.cuzk.cz/>>.

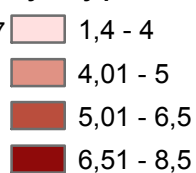
# Příloha 18 Výnosy plodin a akumulace vody v roce 2003



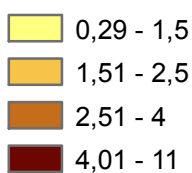
## Cena půdy podle BPEJ v Kč/m<sup>2</sup>



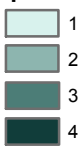
## Výnosy pšenice oz. (t/ha)



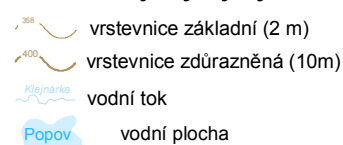
## Výnosy řepky oz. (t/ha)



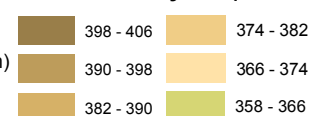
## Akumulace vody podle kategorií



## Přírodní objekty a jevy

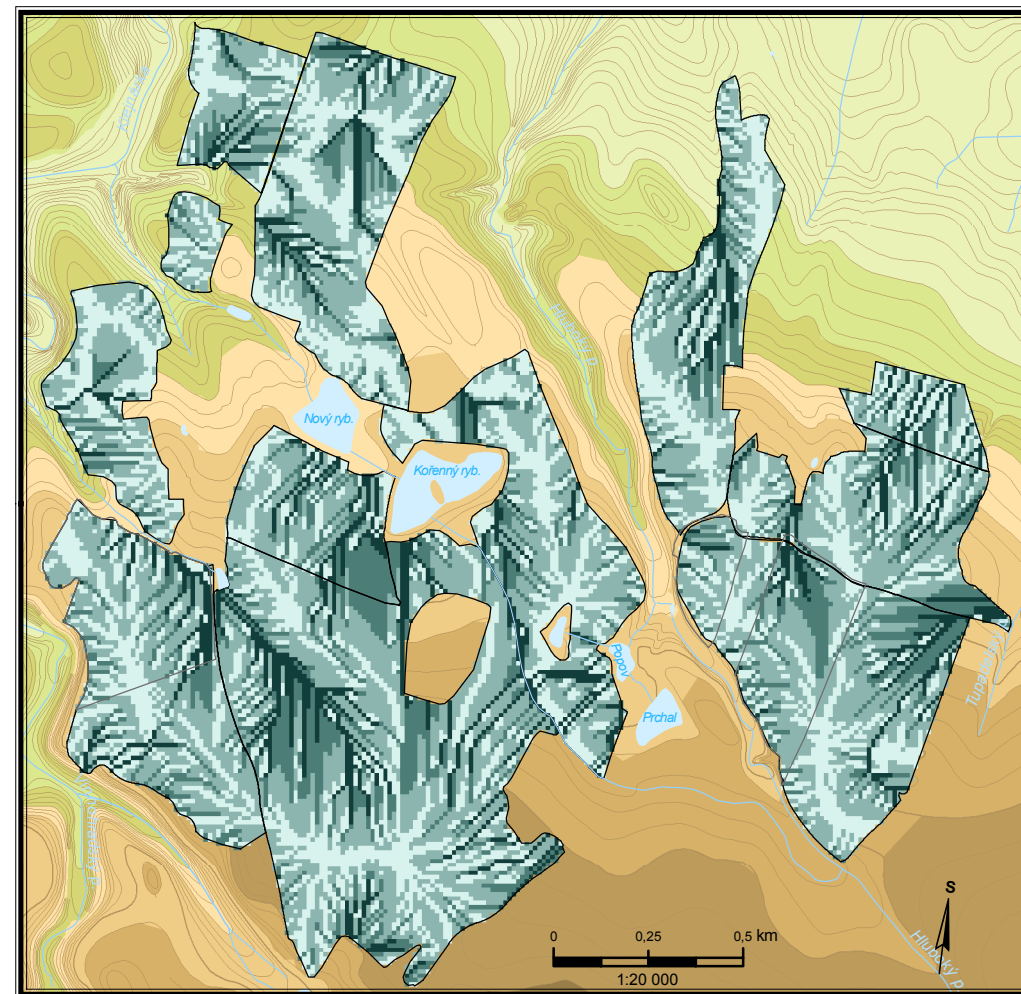
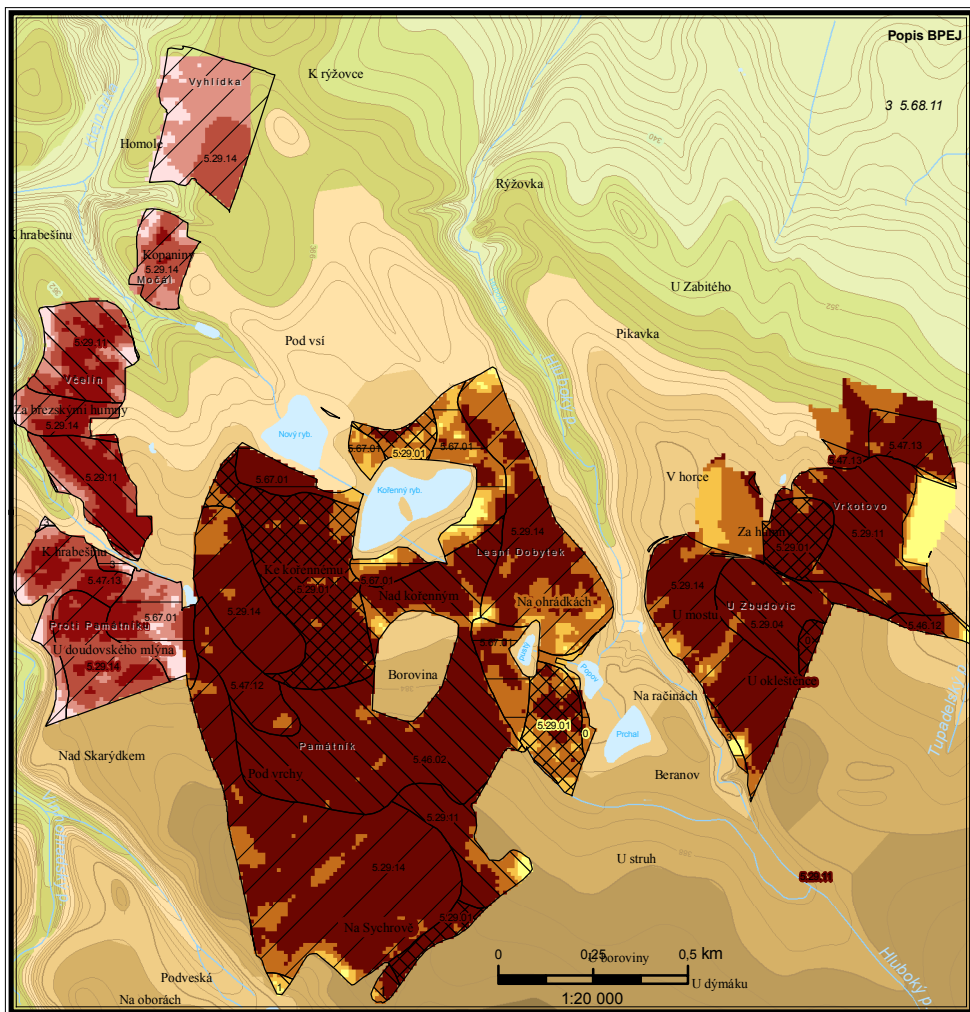


## Nadmořská výška (m n. m.)

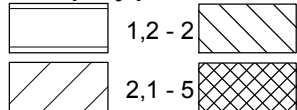


Popis BPEJ  
U mostu  
Pomístní jména pozemková

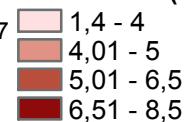
Příloha 19 Výnosy plodin a akumulace vody v roce 2005



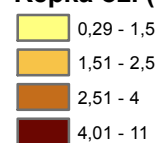
Cena půdy podle BPEJ v Kč/m<sup>2</sup>



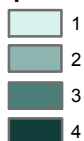
Pšenice oz. (t/ha)



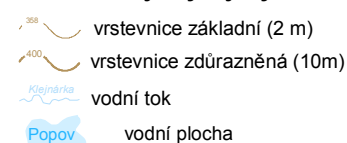
Řepka oz. (t/ha)



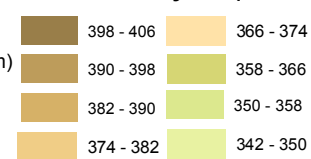
Akumulace vody podle kategorií



Přírodní objekty a jevy



Nadmořská výška (m n. m.)

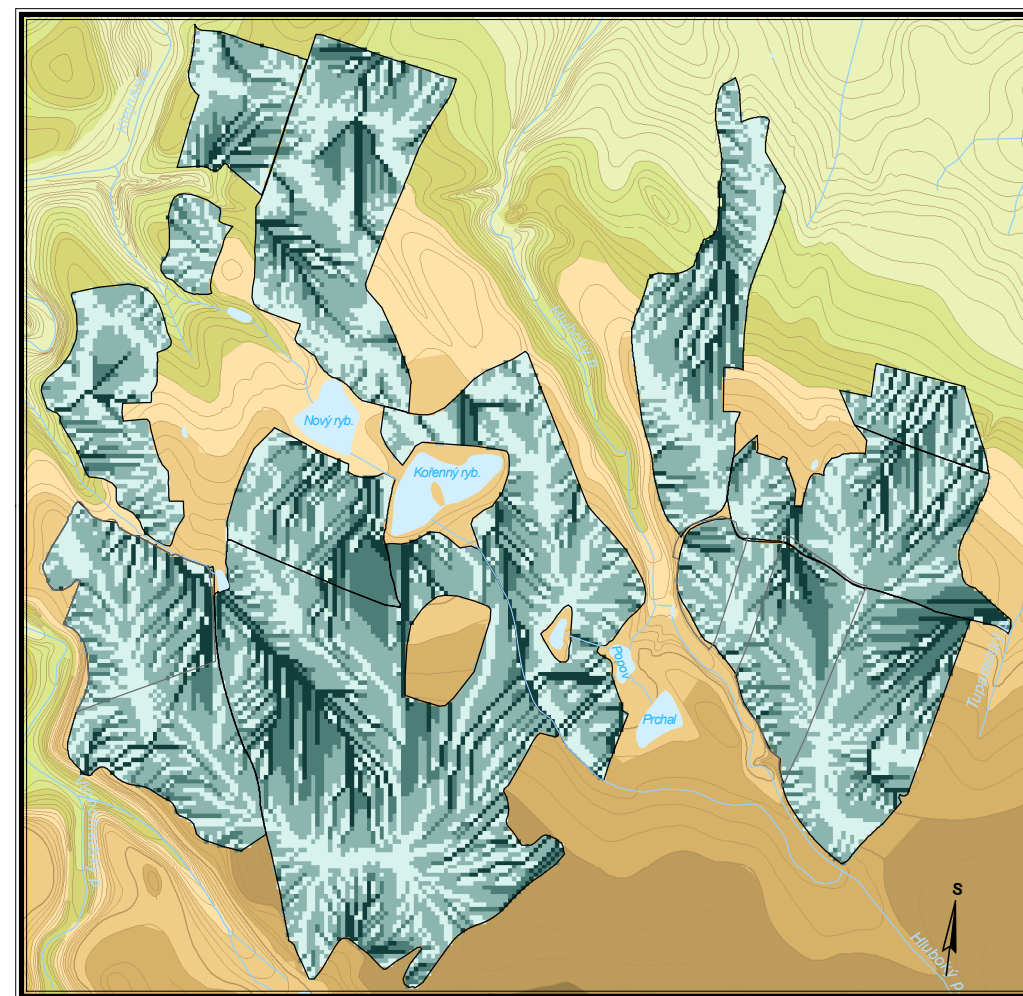
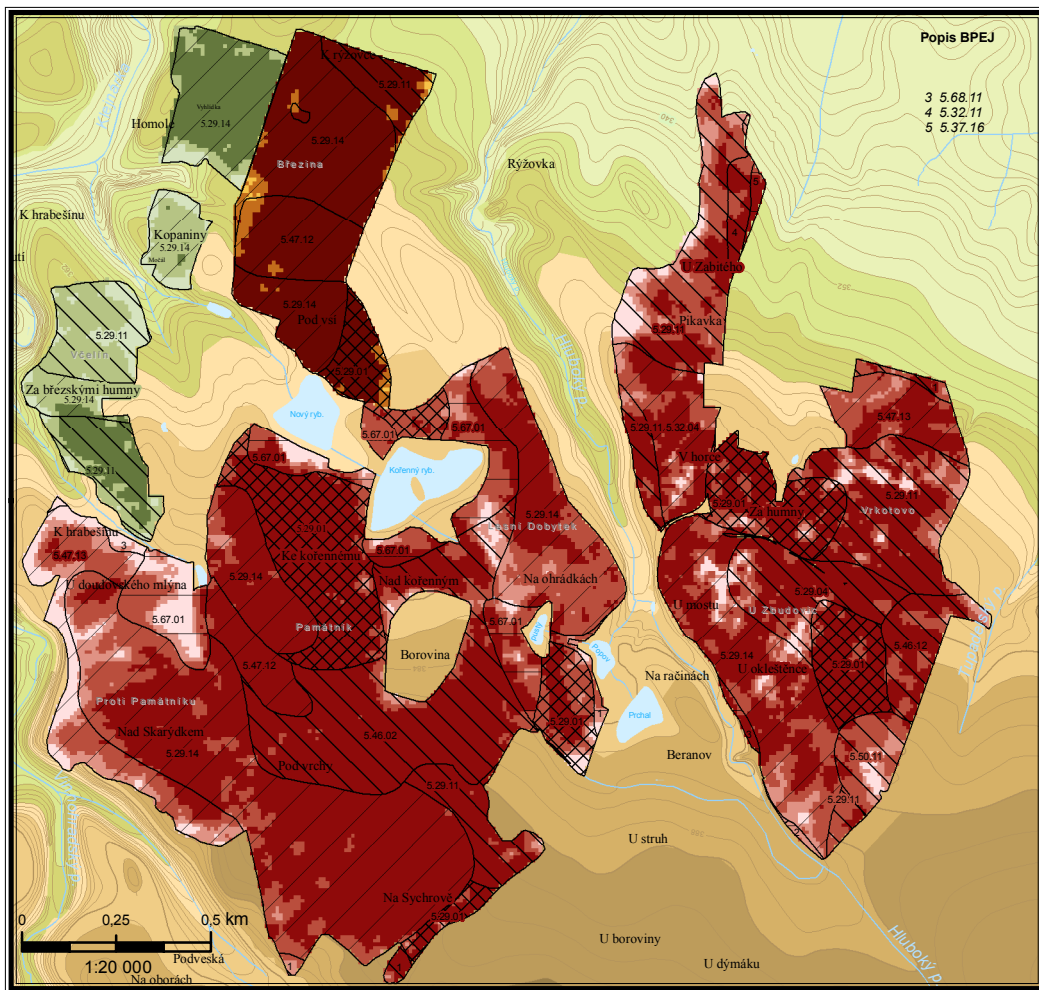


5.29.11 Popis BPEJ

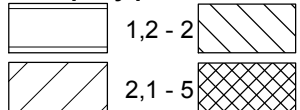
U mostu Pomístní jména pozemková

Zdroj: Český úřad zemědělský a katastrální [online]. [2009] [cit. 2009/07/30]. Dostupné u URL: <<http://www.cuzk.cz/>>.

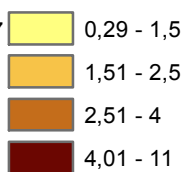
Příloha 20 Výnosy plodin a akumulace vody v roce 2006



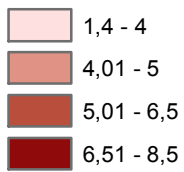
Cena půdy podle BPEJ v Kč/m<sup>2</sup>



Výnos řepky oz. (t/ha)



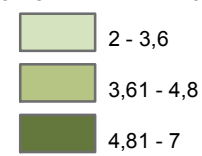
Výnos pšenice oz. (t/ha)



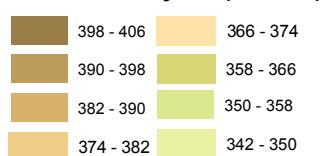
Akumulace vody podle kategorií



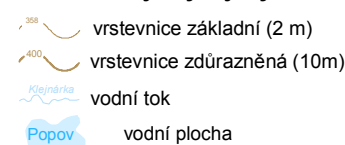
Výnos pšenice jarní v t/ha



Nadmořská výška (m n. m.)

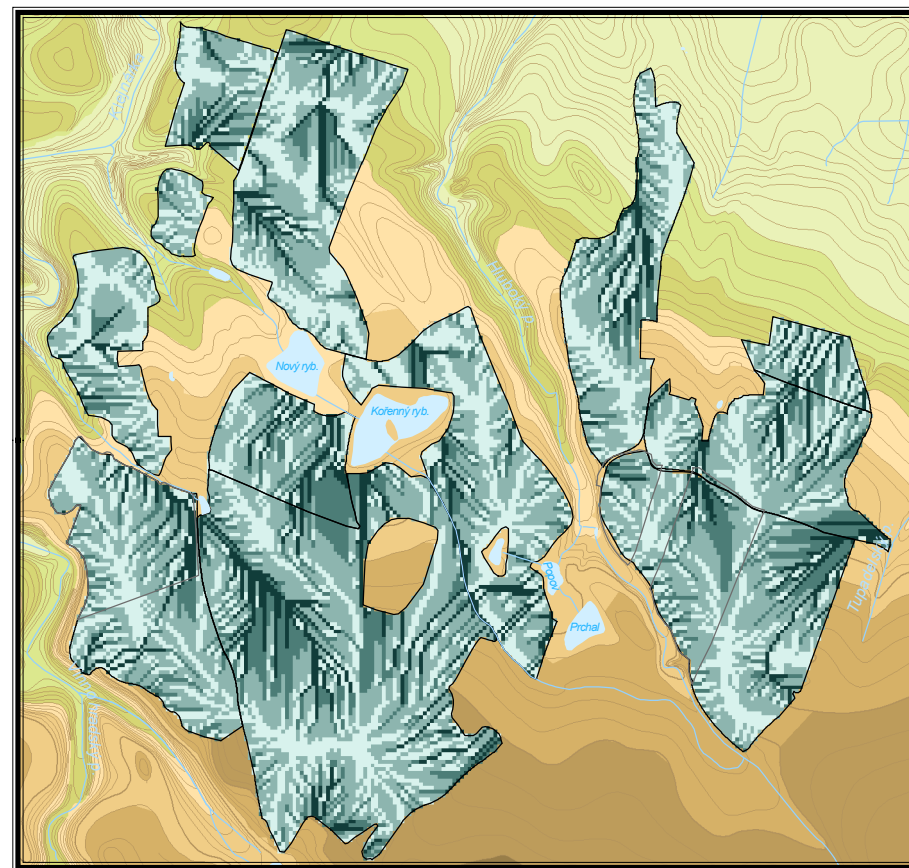
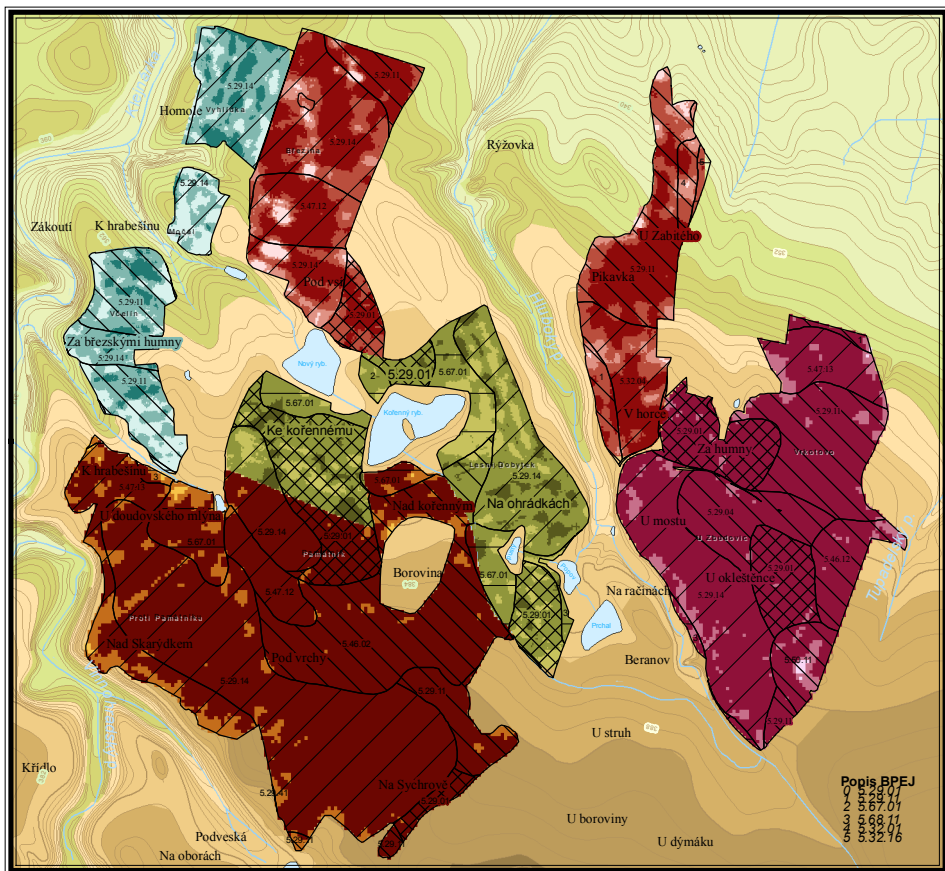


Přírodní objekty a jevy

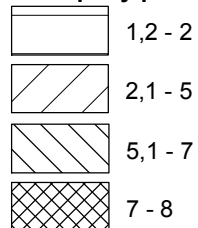


Zdroj: Český úřad zemědělský a katastrální [online]. [2009][cit. 2009/07/30]. Dostupné u URL: <<http://www.cuzk.cz/>>.

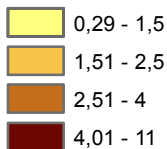
Příloha 21 Výnosy plodin a akumulace vody v roce 2007



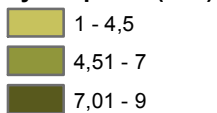
**Cena půdy podle BPEJ v Kč/m<sup>2</sup>**



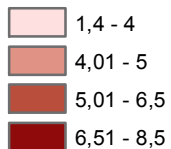
**Výnosy řepky ozimé v t/ha**



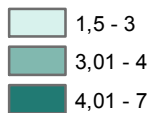
**výnos prosa (t/ha)**



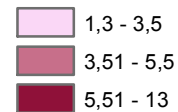
**Výnosy pšenice oz. (t/ha)**



**Kostřava v t/ha**



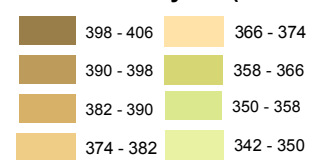
**Výnosy ječmene ozimého (t/ha)**



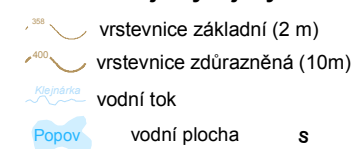
**Akumulace vody podle kategorií**



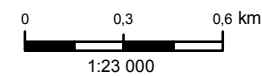
**Nadmořská výška (m n. m.)**



**Přírodní objekty a jevy**

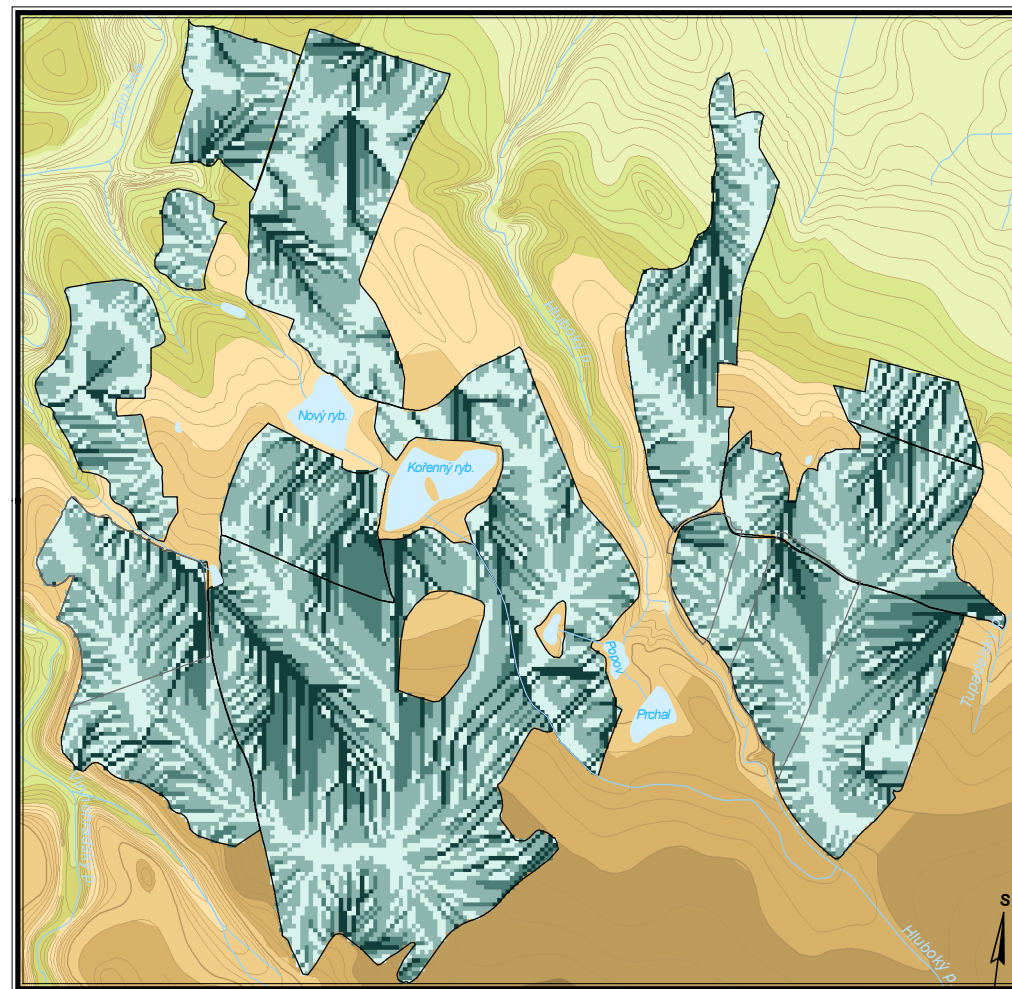
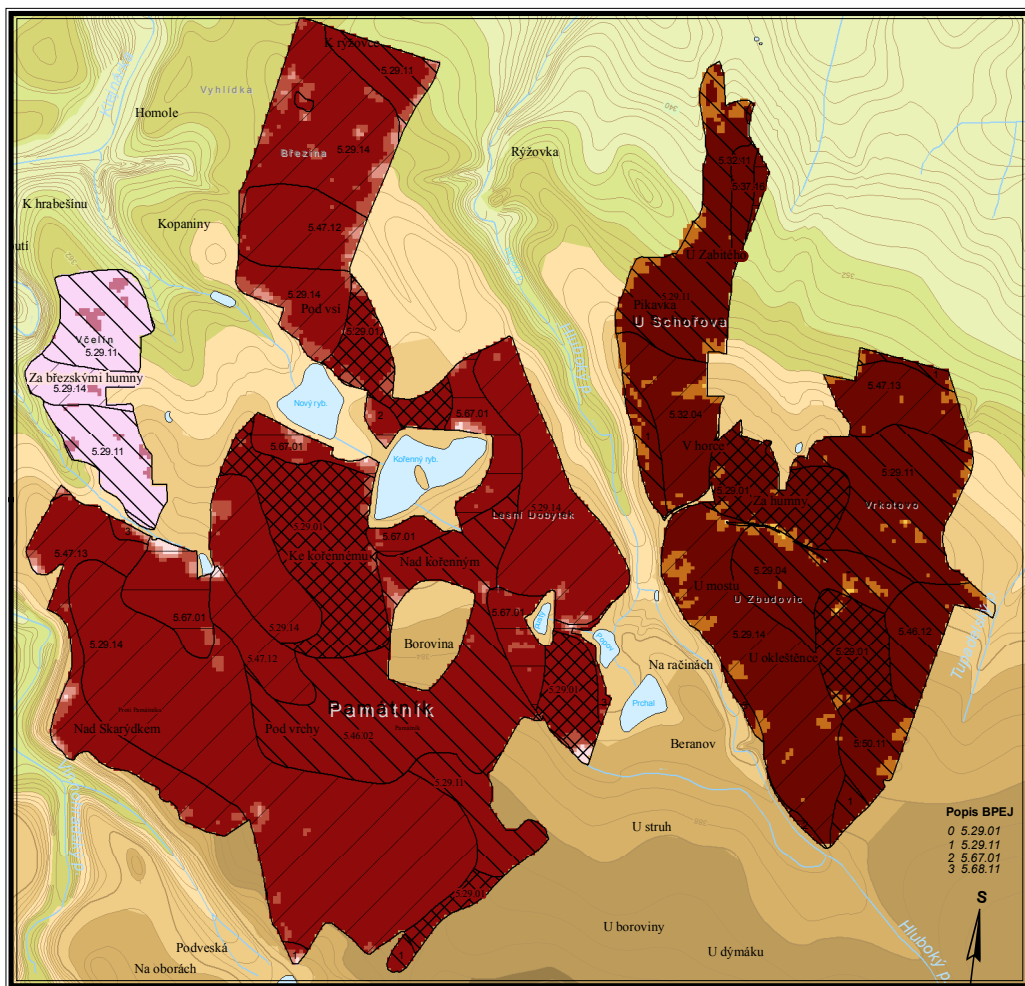


5.29.11 Popis BPEJ  
U mostu Pomístní jména  
pozemková

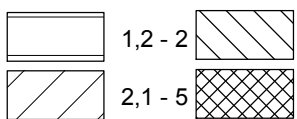


Zdroj: Český úřad zemědělský a katastrální  
[online].[2009][cit. 2009/07/30].  
Dostupné u URL: <<http://www.cuzk.cz/>>.

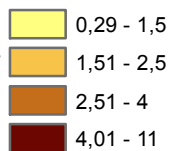
Příloha 22 Výnosy plodin a akumulace vody v roce 2008



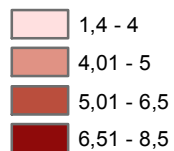
Cena půdy podle BPEJ v Kč/m<sup>2</sup>



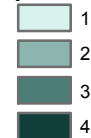
Výnosy řepky ozimé v t/ha



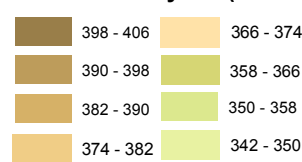
Výnosy pšenice oz. (t/ha)



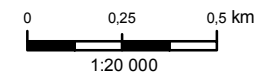
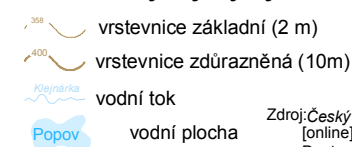
Akumulace vody podle kategorií



Nadmořská výška (m n. m.)



Přírodní objekty a jevy



Zdroj: Český úřad zemědělský a katastrální [online].[2009][cit. 2009/07/30]. Dostupné u URL: <<http://www.cuzk.cz/>>.

Příloha 23 Akumulace vody v jednotlivých částech pole podle BPEJ

pole	BPEJ	cena (Kč/m <sup>2</sup> )	průměr akumulace podle kategorií	rozloha (ha)
Březina	5.29.01	7,85	1,59	3,1
Lesní Dobytek	5.29.01	7,85	2,06	5,53
Schořov	5.29.01	7,85	2	0,11
Vrkotovo	5.29.01	7,85	1,86	6,75
Zbudovice	5.29.01	7,85	2,09	5,24
Památník	5.29.01	7,85	2,36	12,26
Vrkotovo	5.29.04	5,31	1,73	1,16
Zbudovice	5.29.04	5,31	2,41	6,33
Březina	5.29.11	6,79	2,18	3,37
Lesní Dobytek	5.29.11	6,79	1	0,05
Včelín	5.29.11	6,79	1,74	11,17
Schořov	5.29.11	6,79	2,18	13,46
Zbudovice	5.29.11	6,79	1,53	0,84
Památník	5.29.11	6,79	2,23	4,91
Březina	5.29.14	4,36	1,87	16,96
Lesní Dobytek	5.29.14	4,36	1,74	12,64
Včelín	5.29.14	4,36	1,91	2,6
Schořov	5.29.14	4,36	2	0,05
Vrkotovo	5.29.14	4,36	1,75	0,1
Zbudovice	5.29.14	4,36	1,76	16,85
Proti Památníku	5.29.14	4,36	1,8	14,61
Vyhlička	5.29.14	4,36	2,04	8,96
Močál	5.29.14	4,36	1,74	3,2
Památník	5.29.14	4,36	1,86	30,74
Schořov	5.32.04	3,9	1,64	6,8
Schořov	5.32.11	5,01	1,34	15,71
Schořov	5.37.16	1,43	1,48	0,47
Lesní Dobytek	5.46.02	6,07	2,65	1,86
Památník	5.46.02	6,07	2,32	22,17
Vrkotovo	5.46.12	5,01	3,3	1,04
Zbudovice	5.46.12	5,01	2,85	3,64
Březina	5.47.12	4,31	2,18	6,22
Památník	5.47.12	4,31	3,03	3,87
Vrkotovo	5.47.13	3,74	2,03	0,42
Proti Pmátníku	5.47.13	3,74	1,89	10,6
Zbudovice	5.50.11	5,53	1,96	3,55
Březina	5.67.01	1,21	2	0,02
Lesní Dobytek	5.67.01	1,21	1,93	7,26
Zbudovice	5.67.01	1,21	2,11	0,21
Proti Pmátníku	5.67.01	1,21	2,54	4,01
Památník	5.67.01	1,21	2,74	2,35
Lesní Dobytek	5.68.11	1,2	2,49	6,51
Včelín	5.68.11	1,2	2,81	0,14
Zbudovice	5.68.11	1,2	2,37	0,47
Proti Pmátníku	5.68.11	1,2	2	0,45