

Česká zemědělská univerzita v Praze

Provozně ekonomická fakulta

Katedra informačního inženýrství



Diplomová práce

**Podpora rozhodování s využitím geografických
informačních systémů**

Bc. Jaroslav Vender

© 2018 ČZU v Praze

ZADÁNÍ DIPLOMOVÉ PRÁCE

Bc. Jaroslav Vender

Informatika

Název práce

Podpora rozhodování s využitím geografických informačních systémů.

Název anglicky

Decision Making with support of GIS

Cíle práce

Cílem diplomové práce je návrh aplikace s webovým rozhraním pro sledování úrody a strategické rozhodování v oblasti řízení rostlinné výroby. Data získaná z evidence agropodniku o sklizni rostlinných produktů z minulých let jsou použita pro návrh, analýzu a podporu strategie při sezónním rozhodování. Výsledná data jsou převedena a interpretována pomocí interaktivního webového rozhraní, které slouží uživateli jako nástroj pro rychlou orientaci a rozhodování.

Metodika

Metodika práce se opírá o studium odborných pramenů, sběr, analýzu a zpracování dat v oblasti rostlinné výroby v softwaru ArcMap. Následně je navrženo a vytvořeno webové rozhraní, které umožňuje vzájemné propojení dat obou systémů. V práci jsou představeny i další možnosti analýzy.

Doporučený rozsah práce

60

Klíčová slova

GIS, Precizní zemědělství, Webové aplikace, ArcGIS, ArcMap

Doporučené zdroje informací

Fu, P., and J. Sun. Web GIS: Principles and Applications. ESRI Press. Redlands, CA, 2010. ISBN 1-58948-245-X.

KLIMEŠOVÁ, D. – ČESKÁ ZEMĚDĚLSKÁ UNIVERZITA V PRAZE. KATEDRA INFORMAČNÍHO INŽENÝRSTVÍ. *Geografické informační systémy a zpracování obrazů*. Praha: Credit, 2006. ISBN 80-213-0834-6.

KOLÁŘ, J. – ČESKÉ VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V PRAZE. STAVEBNÍ FAKULTA. *Geografické informační systémy 10*. Praha: Vydavatelství ČVUT, 2003. ISBN 80-01-02687-6.

The University of Colorado at Boulder. Department of Geography. The Geographer's Craft Project, – Kenneth E. Foote and Margaret Lynch. *Geographic Information Systems as an Integrating Technology: Context, Concepts, and Definitions*. Retrieved 21 Apr 2015 www.arcdata.cz

Předběžný termín obhajoby

2017/18 LS – PEF

Vedoucí práce

doc. RNDr. Dana Klimešová, CSc.

Garantující pracoviště

Katedra informačního inženýrství

Elektronicky schváleno dne 1. 12. 2017

Ing. Martin Pelikán, Ph.D.

Vedoucí katedry

Elektronicky schváleno dne 1. 12. 2017

Ing. Martin Pelikán, Ph.D.

Děkan

V Praze dne 22. 03. 2018

Čestné prohlášení

Prohlašuji, že svou diplomovou práci "Podpora rozhodování s využitím geografických informačních systémů." jsem vypracoval samostatně pod vedením vedoucího diplomové práce a s použitím odborné literatury a dalších informačních zdrojů, které jsou citovány v práci a uvedeny v seznamu použitých zdrojů na konci práce. Jako autor uvedené diplomové práce dále prohlašuji, že jsem v souvislosti s jejím vytvořením neporušil autorská práva třetích osob.

V Praze dne 29.3.2018

Poděkování

Rád bych touto cestou poděkoval vedoucí práce doc. RNDr. Daně Klimešové, CSc. za podporu a trpělivost při tvorbě této diplomové práce. Také bych rád poděkoval Ing. Františku Jirmusovi za poskytnutí důležitých údajů a praktických rad z oblasti rostlinné výroby agropodniku. Dále bych rád poděkoval Ing. Jakubovi Konopáskovi a Dušanu Latiakovi za poskytnutí podpory při tvorbě webové aplikace.

Podpora rozhodování s využitím geografických informačních systémů

Abstrakt

Tato práce se zabývá přínosem geografických informačních systémů v zemědělství. Zaměřil jsem se na oblast plánování rostlinné výroby v agropodniku hospodařícího na polnostech v okolí mého bydliště s cílem navrhnout web-GIS aplikaci, která uživateli pomůže v rozhodování při tvorbě osevního plánu na další hospodářskou sezónu.

Aplikací je webová mapy, do které může uživatel nahlížet a sledovat úrodu v minulých letech na vybraných pozemcích. V této mapě je zároveň zpracován algoritmus, který čerpá a analyzuje data z minulých let a dokáže předložit uživateli představu o finančních nákladech potřebných k zasetí, popřípadě na základě průměrných hodnot spočítat možné výnosy a tím i zisky z prodeje pro nadcházející hospodářskou sezónu.

Geografická data jsou zpracované pomocí nástrojů aplikace ArcMap od společnosti ESRI. Databázovou strukturu jsem vytvořil v aplikaci MS Access a pro tvorbu webového rozhraní jsem použil nástroje technologie PHP v kombinaci s HTML 5. Podkladovou část webového rozhraní aplikace tvoří mapa od společnosti Google.

Výsledkem práce je ukázka pasivního systému pro podporu rozhodování malého rozsahu, který je založen na využívání nástrojů geografických informačních systémů a webGIS technologií. Uživatel má možnost přes webové rozhraní vybrat pole a plodinu k zasetí. Následně předá aplikace uživateli informace o nákladech a ziscích, dle kterých se uživatel může rozhodnout, jakou plodinu na vybraných pozemcích zasít v další sezóně. Součástí práce je i přehledová statistika o výnosech a nákladech za poslední období, která čerpá informace z databáze o pozemcích.

Klíčová slova: Kartografie, Mapy, GIS, WebGIS, DSS, ArcMap,

Decision making with support of geographic information systems

Abstract

This thesis deals with the contribution of geographic information systems in agriculture. I focused on the field of plant production planning in agriculture company around my neighbourhood to design a web-GIS application that will help the user in deciding how to make a cropping plan for another economic season.

The application is a web map to which the user can view and track crops in the past years on selected plots. This algorithm also draws on and analyzes the data from previous years and provides the user with an idea of the financial costs needed for sowing or, on the basis of average values, to calculate the possible yields and hence the sales profits for the upcoming economic season.

Geographic data is processed by using ESRI's ArcMap tools. I created the database structure in MS Access and I used the PHP tools in combination with HTML 5 to create a web interface. The underlying part of the web interface of the application is a map from Google company.

The result of the thesis is a sample of a passive system for support in terms of small decision, which is based on the use of geographic information systems tools and webGIS technologies. The user has the option to select a field and a crop to sow through the web interface. Subsequently, the application will provide the user with information on the costs and profits that the user can decide on the crop to be sown on selected plots in the next season. Part of the work is also the overview of last-year incomes and costs which draws information from the land database.

Keywords: Cartography, Maps, GIS, WebGIS, DSS, ArcMap

Obsah

1	Úvod	12
2	Cíl práce a metodika	14
2.1	Cíl práce	14
2.2	Metodika	14
3	Teoretická východiska	15
3.1	Úvod do kartografie	15
3.1.1	Mapy.....	24
3.2	Prostorová data	25
3.3	GIS	29
3.3.1	Zdroje dat pro GIS.....	33
3.3.2	GIS v zemědělství.....	34
3.4	DSS	36
3.4.1	Vývoj DSS.....	38
4	Vlastní práce	41
4.1	Vytvoření podkladů v ArcMap	42
4.1.1	Databázová struktura	48
4.2	Aplikace web-GIS.....	54
4.2.1	Základní zobrazení	56
4.3	Způsob přenosu dat.....	59
4.4	Návrh podpory rozhodnutí.....	61
4.4.1	Rozhodující kritéria	62
4.4.2	Výpočet nákladů ze známých hodnot.....	64
4.4.3	Výpočet pro plánování	65
4.4.4	Zobrazení variant.....	67
4.5	Přehledová statistika	69
5	Výsledky a diskuse	71
6	Závěr	72
7	Seznam použitých zdrojů	73

Seznam obrázků

Obrázek 1 – Průnik vědních oborů kartografie	16
Obrázek 2 - Mapa zlatých dolů (Egypt 1330 - 1317 př.n.l.).....	18
Obrázek 3 - Plán polí Nippuru.....	18
Obrázek 4 - Plán města Nippur.....	19
Obrázek 5 - První mapa světa.....	21
Obrázek 6 - Dělení kartografie dle typu obsahu.....	23
Obrázek 7 - Rozdíl mezi 2D(vlevo) a 3D (vpravo) modelem	26
Obrázek 8 - Špagetový (vlevo) vs. Topologický (vpravo) model	27
Obrázek 9 - Rozdíl mezi rastrovou a vektorovou grafikou	28
Obrázek 10 - Dělení architektury GIS s jednotlivými funkcionalitami.....	31
Obrázek 11 - Představa "farmy budoucnosti"	35
Obrázek 12 - Jednotlivé stupně znalostí	37
Obrázek 13 - Diagram znázorňuje proces plánování pomocí GIS	40
Obrázek 14 - Mapa Horoměřic a okolí s pozemky ve správě Agrivep a.s.	42
Obrázek 15 – Namodelování vrstev v programu ArcMap	44
Obrázek 16 - Rozdělení na vrstvy dle atributu vlastníka.....	45
Obrázek 17 - Ilustrace funkce rozdílu vrstev.....	46
Obrázek 18 - Využitím funkce ERASE lze získat přehled o rozdílu výměr	47
Obrázek 19 – Schéma DB modelu	48
Obrázek 20 - Ukázka základní vrstvy "pole Horoměřice" přes webový portál.....	56
Obrázek 21 - Ukázka přepínání vrstev, vrstva "aktuální stav"	57
Obrázek 22 - Ukázka přepínání vrstev, vrstva "Pole 2016"	58
Obrázek 23- HTML kód pro zobrazení základní stránky	60
Obrázek 24 - Ukázka struktury .kmz souboru.....	61
Obrázek 25 - Zobrazení vazby mezi vrstvou pole a tabulkou evidence	62
Obrázek 26 - SQL dotaz na DB strukturu s výpočtem v MS Access.....	64
Obrázek 27 – Zobrazení výpočtu uživateli na webu	65
Obrázek 28 - Ukázka zdrojového java script pro práci s KMZ soubory	66
Obrázek 29 - Přehledový graf výnosů za poslední tři roky	69
Obrázek 30 – Přehledový graf nákladů na zasetí za poslední tři roky	70

Obrázek 31 – Přehledový graf zisků z prodeje za poslední tři roky..... 70

Seznam tabulek

Tabulka 1 - Klasické dělení kartografie	23
Tabulka 2 -Rozdíl mezi rastrovou a vektorovou grafikou	28
Tabulka 3 - Přehled zdarma dostupných zdrojů GIS dat.....	33
Tabulka 4 - Ukázka relační tabulky (Attribute table) pro vrstvu POLE	49
Tabulka 6 - Tabulka záznamů pro evidenci hospodářů.....	51
Tabulka 5 - Tabulka záznamů pro evidenci plodin a jejich cen.....	51
Tabulka 7 - Tabulka záznamů pro evidenci výnosů v jednotlivých letech	52
Tabulka 8 - tabulka záznamů pro vrstvu pole 2016	53
Tabulka 9 – Atributy vybraného pole zobrazované vrstvou "Historie"	59
Tabulka 10 - Položky kalkulačního vzorce – výpočet nákladů.....	63
Tabulka 11 - Položky kalkulačního vzorce - výpočet výnosů.....	63
Tabulka 12 - Ukázka tabulky pro evidenci průměrných nákladů a zisků	63

Seznam použitých zkratk

GIS – Geografický Informační Systém

SŘBD – Systém Řízení Báze Dat

ČSN – z pův. Československá Státní Norma“

OGC – Open Geospatial Consortium

DB – Databáze

ID – Identifikátor

HTML – Hyper Text Markup Language

1 Úvod

Zemědělství představuje prvotní, nejstarší projev hospodářské činnosti člověka. V současné době se z celkové rozlohy souše pro zemědělské účely využívá asi 35 % pevniny, z toho orná půda tvoří pouze desetinu. Zemědělská výroba dnes zaměstnává více než 20 procent lidí na celém světě a zažívá velký pokrok v elektronizaci a automatizaci. Zemědělství i přesto dnes patří mezi nejméně digitalizované obory.

Snahu o digitální gramotnost zemědělských podniků v dnešní době podporuje nástup nových technologií nejen pro rostlinnou výrobu, ale také pro živočišnou produkci. V chovu dojnic nastupují dojící roboti, v rostlinné výrobě je zase využívána precizní a přesná technika. Nároky na zpracování a správu dat, která slouží k řízení, kontrole, optimalizaci a automatizaci výrobních procesů a jsou podkladem pro rozhodování zemědělců, se v souvislosti s nástupem nových technologií přímo úměrně zvyšují. Využití těchto dat nevede však pouze ke zvyšování efektivity a produktivity v zemědělství, ale má pozitivní dopad na kvalitu životního prostředí, či zlepšení životních podmínek pro zvířata.

Jedním z hlavních prvků v oblasti rostlinné výroby jsou senzory, které hojně přispívají k efektivní a šetrné zemědělské produkci. Tak např. senzory v přední části traktoru umí změřit zbarvení listů plodiny a odeslat informaci do počítače v kabině traktoru, který okamžitě nastaví potřebnou dávku hnojiva. To vede k úspoře hnojiva, vyššímu výnosu, ekologičtějšímu využívání půdy i zabránění jejímu znehodnocování nadužíváním hnojiv. Traktor může být navíc řízen pomocí satelitu a systému GPS s přesností na 2 cm, díky čemuž se spoří palivo, ale i hnojivo a výživné látky, které jsou aplikovány přímo na rostliny.

V budoucnu by pak mohly být traktory a kombajny nahrazeny nebo doplněny roboty či přímo autonomním řízením. Senzory zároveň mohou pomoci s optimalizací tlaku v pneumatikách zemědělských strojů, což zefektivňuje poměr spotřeby a zatížení půdy [1].

Zacházení s půdou a vodou při zavlažování zase mohou výrazně ulehčit a optimalizovat specifické agrární informace o počasí a jeho předpověď. Příkladem může být propojení zavlažovacích systémů se systémem meteorologických předpovědí. Velký potenciál skýtá i nasazení dronů v zemědělství, a to nejen pro monitoring půdy pro potřeby hnojení, ochrany pole, ochrany rostlin před škůdci, ale i pro monitoring trasy kombajnů.

Tento nový trend je dnes nazýván „smart farming“, nebo také zemědělství 4.0. Uvedená míra digitalizace s sebou přináší potřebu uchovávat a spravovat velké množství dat. V rostlinné výrobě je většina z nich polohově vázána neboli lokalizována k určitému místu na zemském povrchu, a tak se mohou označit jako geografická data. Informační systém, který uchovává geografická data a umožňuje jejich zpracováním následně získat geografické informace, se nazývá geografický informační systém [2].

V této souvislosti se proto práce zabývá geografickými informačními systémy v oblasti plánování rostlinné výroby v zemědělském podniku. Teoretická část práce nabízí stručný úvod do historie kartografie, počátků vzniku map až po moderní geografické informační systémy. Práce také představuje úvod do teorie rozhodování se stručným představením základních principů fungování a vývoje systémů pro podporu rozhodování. V této návaznosti pokračuje představením základních rozhodovacích činností s využitím GIS.

Praktická část práce se zabývá správou a zpracováním geografických dat vybraného zemědělského podniku a jejich zobrazení na webovém portálu. Nabízí tak základní pohled na využití technologie web GIS a zároveň představuje nástroje pro podporu rozhodování v rámci GIS. Uživatel pomocí webového portálu přistupuje do aplikace a na základě jeho výběru může sledovat výnosy z minulých let, stav úprav, náklady na zasetí konkrétní plodiny a předpokládané výnosy pro další hospodářskou sezónu na vybraných polích.

Výstupní aplikace je vytvářena s cílem podpořit snahu zvýšení míry digitalizace v oboru zemědělství pomocí dostupných technologií a nabídnout řešení, které nepotřebuje žádný náročný software a speciální znalosti v oblasti IT technologií.

2 Cíl práce a metodika

2.1 Cíl práce

Cílem práce je navrhnout web-GIS aplikaci, která umožní uživateli nahlížet a sledovat úrodu v minulých letech na vybraných pozemcích a zároveň pomůže v rozhodování při tvorbě osevního plánu na další hospodářskou sezónu. Uživatel má k dispozici webový portál, přes který přistupuje do aplikace se zobrazením mapy polností v oblasti zájmu. Přes výběrový panel různých vrstev může sledovat výnosy z minulých let, stav úprav, náklady na zasetí konkrétní plodiny a předpokládané výnosy pro další hospodářskou sezónu na vybraných polnostech. Na základě dostupných informací se může rozhodnout, jakou strategii při plánování rostlinné výroby zvolit z hlediska ekonomických ukazatelů.

V praktické části je popsána tvorba aplikační části v GIS, webového rozhraní a systému pro podporu rozhodování. Součástí práce je i přehledová statistika o výnosech a nákladech za poslední období, která čerpá informace z databáze pozemků. Rešeršní část práce je věnována historii vzniku kartografie a map (od dob středověku až do současnosti), geografickým informačním systémům (jejich historii, architektuře a funkcím) a systémům pro podporu rozhodování (stručné historii, funkcím a návaznosti na GIS).

2.2 Metodika

Metodika práce se opírá o studium odborných pramenů, sběr, analýzu a zpracování dat v oblasti rostlinné výroby v softwaru ArcMap. Následně je navrženo a vytvořeno webové rozhraní, které umožňuje vzájemné propojení dat obou systémů. V práci jsou představeny i další možnosti analýzy.

3 Teoretická východiska

Potřeba orientovat se ve svém okolí je nezbytnou potřebou člověka již od počátku lidské komunity. Jak popisuje ve své publikaci Jan Kolář, lidstvo se dnes ve svém civilizačním vývoji nachází ve věku informačním [2]. V současnosti je totiž trh zaplaven nástroji neboli informačními systémy, jejichž úkolem je pomáhat člověku rozhodovat se v závislosti na světě kolem něj. Co předcházelo vzniku geografických informačních systémů, jak se lidé orientovali dřív a jak pomáhají takové systémy v zemědělské výrobě, popisují následující kapitoly.

3.1 Úvod do kartografie

První geografické situační náčrtky jsou datovány do období paleolitu (asi 20 000 let př. n. l.) – do doby, kdy se člověk učí jednat a myslet, kdy ještě nezná písmo. Snaha o poznání reality se v Egyptě rozvíjela v souvislosti s častými záplavami Nilu a potřebou vymezit hranice pozemku pro daňové účely – zde se rozvinula i praktická geometrie [3]. Období antiky dalo za vznik mapám, které obsahují prakticky vše co dnešní mapy. Na konci 18. století se při správě nemovitého majetku (opět pro daňové účely) zaznamenávaly informace, které jsou vázány na mapová díla neboli jsou lokalizovány ke konkrétnímu místu na zemském povrchu. Šlo tedy o informace, které dnes nazýváme geografická data.

„kartografie“ - z řečtiny: chartés = list papyru (pův. význam), graphein = rýt, psát

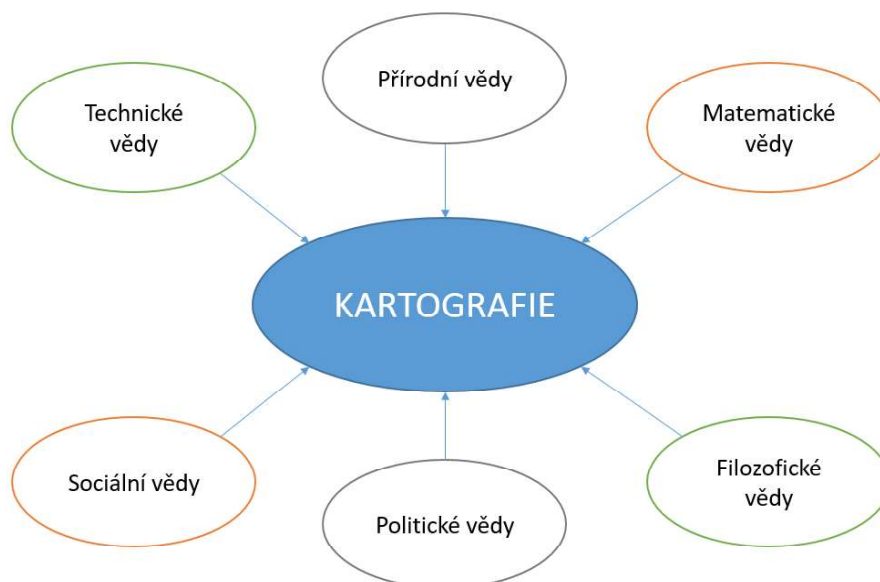
Kartografie je vědní obor i technická disciplína s vlastní odbornou terminologií, vlastním formálním jazykem i předmětem zkoumání. Výsledkem práce kartografů jsou kartografická díla, nejčastěji mapy [4].

Z různých úhlů pohledu na kartografii se můžeme setkat s různými definicemi, jako je uvedeno v následujících příkladech:

- Kartografie je věda o zobrazování a studiu prostorového rozmístění, spojení a vzájemných vazeb jevů přírody a společnosti (i jejich změn v čase) prostřednictvím zvláštních obrazově znakových modelů – kartografických vyobrazení [2].

- Kartografie je vědní obor zabývající se znázorněním zemského povrchu a nebeských těles a objektů, jevů na nich a jejich vztahů ve formě kartografického díla a dále soubor činností při zpracování a využívání map [5].
- Kartografie je umění, věda a technologie vytváření map, včetně jejich studia jako vědeckých dokumentů a uměleckých prací [6].

Kartografie se řadí do mnoha vědních oborů (viz obrázek 1.). Můžeme říci, že kartografie se nachází v průsečíku přírodních, technických, matematických, sociálních, politických a filozofických věd.



Obrázek 1 – Průnik vědních oborů kartografie; Zdroj: Vlastní zpracování

Kartografii lze zařadit mezi vědy o Zemi a vesmíru. Mezi vědní a technické disciplíny svázané s kartografií patří:

- Geografie – zdroj dat pro kartografii, mapy malých měřítek
- Geodézie – výškopisné a polohopisné základy, údaje o tvaru a rozměrech Země, mapy velkých a středních měřítek
- Mapování – rozhraní mezi geodézií a kartografií, tvorba mapy původní
- Dálkový průzkum Země (DPZ) – sběr dat pro mapy středních a malých měřítek

- Geografické informační systémy (GIS) – metody vizualizace dat, získávání informací o poloze dat (kartometrická digitalizace)
- Informatika a kybernetika – teorie jazyka mapy, teorie tvorby znakových struktur
- Astronomie – mapy nebeských těles
- Další obory: ekonomika, vojenství, životní prostředí, politika, školství, psychologie, grafika, teorie barev

Z výše uvedených definic lze chápat, že kartografie je vědní obor, technická disciplína i umění. Nutno zmínit, že kartografická produkce je součástí kultury každé země a její úroveň je měřítkem technické, ekonomické a kulturní vyspělosti státu [10].

Dějiny kartografie

Historie kartografie dělíme do tří tematických celků - období starověku, středověku a období novověku. Není známo, kdy a kde přesně byla vyhotovena první mapa, jisté však je, že mapy či mapové nákresy byly konstruovány pravděpodobně dříve, než vznikl psaný jazyk [8]. Obdobu těchto prvních "map" dokládají archeologické nálezy dochované zejména na mamutích klech, plochých kostech, vyryté do kamene, zaznamenané na hliněných destičkách, na kovových předmětech. Mnohem méně se dochovaly na kůžích, kůrách a podobně. Jde o nálezy z prehistorického období kartografie, mezi které patří například Rytina loveckého revíru na Majkopské stříbrné váze, či Skalní kresba na ledovcových oblazech, Bedolina (Itálie).

Starověk

Nejvíce dochovaných exemplářů map z této doby se našlo na území starověké Mezopotámie (oblast mezi řekami Eufrat a Tigris). Ve starém **Egyptě** – na rozdíl od Mezopotámie, byl pro záznam událostí používán papyrus (papyrové svitky). Vzhledem k jeho křehkosti se nám těchto památek zachovalo málo, spíše o nich máme jen písemné

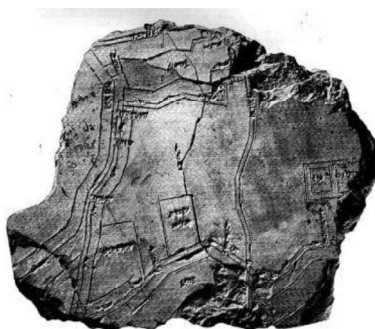
zmínky. Jedna z dochovaných a nejznámějších map z této oblasti je mapa Zlatých dolů z let 1330 – 1317 př. n. l. (na obrázku č. 2).



Obrázek 2 - Mapa zlatých dolů (Egypt 1330 - 1317 př.n.l.)
Zdroj: <http://masch.blog.cz/0707/namahava-prace-v-dolech>

Nejstarší dochované poznatky kartografie pocházející z **Mezopotámie** jsou hliněné destičky s nápisy a vyobrazením zájmových oblastí, jako například pozemků, polností, okolních států, či plánů měst a vodních toků. Vznik takových map byl důsledkem takzvané intelektuální revoluce rozvinuté společnosti v Mezopotámii, doprovázen rozvojem psaní, literatury a přírodních věd.

Mezi známé nálezy patří plán města Nippur (cca 1500 let př. n.l), tehdy hlavního města Sumeru, ležícího jižně od Babylonu (viz. obr. 3), či plán polí Nippuru (na obrázku č. 4), znázorňující nemovitosti politické a náboženské elity, umístěné podél toku řeky.



Obrázek 3 - Plán polí Nippuru
Zdroj: <http://oldgeogr.muni.cz/ucebnice/dejiny/obsah.php?show=41>

Z plánu města Nippur je patrné, že zavlažovací kanály oddělují různé typy sídel. Obě mapy zahrnují také doprovodný text, či legendu.



Obrázek 4 - Plán města Nippur

Zdroj: <http://oldgeogr.muni.cz/ucebnice/dejiny/obsah.php?show=41>

Pokud se přesuneme z Mezopotámie do oblasti blízkého východu, datujeme první zmínky kreslení map již ve 20. stol. př. n. l. V **Číně** byli pro mapové zobrazování ustanoveni zvláštní úředníci a mapy byly kresleny na různé materiály - papír, hedvábí, dřevo, kámen. První Čínská mapa vznikla kolem roku 2100 př. n. l. a byla objevena na vnější hraně ding (nádoby na vaření) [4]. V historii vývoje světové kartografie nehrála Čína klíčovou roli a vzhledem k nedostatku zachovaných pramenů je těžké zhodnotit průběh jejího rozvoje. Nicméně čínské mapování bylo na vysoké úrovni a to zejména v období vlády dynastie Chan (206 př. n. l. – 9 n. l.), ve kterém například vznikla osmnáctilistá mapa Yü Kung Ti Yü Thu (mapa území Yugong) v měřítku 1:5 mil., jejíž zakladatel Pei Xion je označován za otce čínské kartografie.

V **indických** zemích se do mapové historie promítl vliv tamních náboženství (hinduismu a džinismu). Mapy neměly měřítko, protože velikost byla volena dle důležitosti, nikoliv podle skutečnosti. Neobsahovaly ani zeměpisné symboly, či zeměpisnou síť. Náboženské otázky zdejší kultury byly upřednostňovány před geometrickou přesností. Ve srovnání s Čínou a islámským světem má jižní Asie jen skromné předmoderní kartografické záznamy, z nichž se zachovalo velmi málo.

Z mimoevropský států se v souvislosti s historií kartografie mluví také o amerických národech, zejména **Májové, Inkové, Toltékové, či Aztékové** měli velmi dokonalé mapy - v mnoha ohledech dokonalejší než středověké evropské kultury. Jejich mapy byly více dekorativního charakteru, obrazově kreslené a znázorňovali řeky, města, lesy, chrámy i vesnice doplněné jejich popisem. Avšak z těchto map se zachovalo jen velmi málo. Důvodem byla zejména snaha španělských dobyvatelů získat tyto mapy, které jim umožňovaly další výboje při dobývání amerického kontinentu. V souvislosti s tím, Španělé následně pálili všechny tzv. pohanské knihy a dokumenty.

Asi nejvíce teoretických principů, na kterých je založena dnešní kartografie nám zanechali starověcí **Řekové**. Tato vysoce kulturně rozvinutá společnost používala mapy jako nástroj pro objevné cesty, výboje, obchodování i uspokojení své intelektuální zvědavosti. I proto po sobě Řekové zanechali více informací za hranicemi své země. Nejstarší řecký názor o tvaru Země se objevuje v Homérových a Hesiodových básních (9. a 8.stol. př. n. l.). Podle nich je Země kruhovou deskou, ze všech stran obklopenou Okeánem. Řekové jako první považovali zemské těleso za kouli a určili její rozměry, zavedli zeměpisné souřadnice a šedesátinné dělení kruhu. Rovněž položili základy matematické kartografie.

Jako první autor mapy světa se uvádí Anaximandros z Milétu (610 – 547 př. n. l.), který vyhotovil kruhovou mapu tehdy známého světa (obr. 5). Řecko se nacházelo ve středu mapy (delfská věštírna jako střed Řecka a mapy), Evropa na severu, Asie na východě a Afrika na jihu. Všechny tři kontinenty (které ovšem byly neuměle zakreslené) obklopovalo moře.



Obrázek 5 - První mapa světa

Zdroj: <http://docplayer.cz/46538461-Gnss-petr-bures-telematika-tm-vyvoj-a-historie-navigace-ustav-ridici-techniky-a-telematiky-cvut-v-praze-fakulta-dopravni.html>

Názor o kulatosti Země, opřený o okrouhlý stín vržený zemským tělesem při zatmění Měsíce, potvrdil známý filosof Aristoteles. V té době se zrodila i zeměpisná síť. Řekové při konstrukci svých map využívali tzv. diafragmu, což byla prakticky podélná osa Středomořího moře, spojující dnešní Gibraltar s ostrovem Rhodos. Rovnoběžkami s diafragmou a kolmicemi k ní vznikaly čtyřúhelníky takzvané sfragidy, které v podstatě odpovídaly dnešním polím zeměpisné sítě.

Vrcholnými díly řecké geografie a kartografie jsou práce Marina z Tyru (pracoval v letech 98 – 130 n. l.) a alexandrijského knihovníka Klaudia Ptolemaia (90 – 160 n. l.) [4]. Nedochované geografické dílo - Hé tú geógrafikú pinakos diorthósis (Oprava geografické mapy) zobrazovalo území od Irska a pobřeží Maroka až k pobřeží Číny. Marinos z Tyru v něm jako první uvažoval při konstrukci map kulový tvar Země, použil kartografického zobrazení, stupňovou síť a v mapě vyznačil úplnou geografickou síť. Shrnutí všech tehdejších matematických a astronomických vědomostí zachytil ve svém díle Megalé syntaxis (Velká soustava – 13 knih) knihovník Klaudius Ptolemaia. Je považován za tvůrce tří kartografických zobrazení, zejména lichoběžníkového a ekvidistantního kuželového zobrazení. Zavedl také kopečkové zobrazení reliéfu, dále pak stanovil nultý (ferrský) poledník, jako západní hranici poznaného světa, rozdělil stupně na minuty a vteřiny, je také označován jako autor slov geografie a topografie [3].

Římané využívali mapy čistě prakticky, na rozdíl od Řeků se nezajímali o otázku mapových sítí, matematickou geografii ani o astronomická měření. Římané využívali mapy zejména k administrativním a vojenským účelům.

Středověk

Kartografie se během středověku posunula výrazným způsobem dopředu. Zatímco v raném středověku byly mapy především schematické a kresba na mapách nebyla velmi detailní, ve vrcholném a pozdním středověku byly mapy velmi bohaté na ilustrace i na popis zobrazujících objektů. Veliký vliv na vývoj kartografie ve středověku měl rozpad římské říše. Kartografie se v období středověku rozdělila do několika významných oblastí vývoje - byzantská, latinská, islámská, čínská a indická oblast.

V byzantské oblasti přetrvává vliv Aristotelova učení se zachováním představy o kulovém tvaru Země. V latinské oblasti se kartografie vlivem křesťanské víry omezuje na ilustrování teologických textů. Arabsky mluvící svět pokračuje v kartografické tradici řeckého starověku, mírně omezenou vlivem islámu. Čína pokračuje v mapování hranic své země a šíří se do zahraničí.

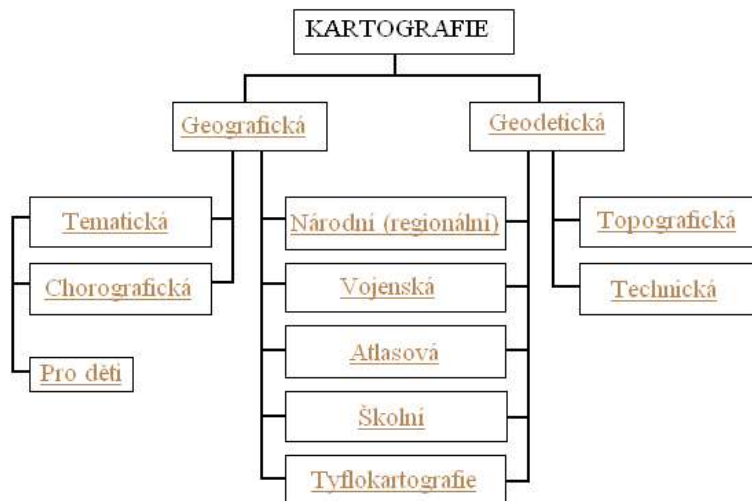
Novověk

Období novověku se dá charakterizovat jako doba velkých objevů a rozvoje kartografie - konkrétně atlasové tvorby. Od poloviny 18. století vznikají podrobné mapy jednotlivých států. Vznikají podrobné mapy Francie, Německa, Anglie, Rakouska-Uherska a dalších. V Evropě dochází k rozvoji podrobného mapování většinou pro vojenské potřeby. Vyvíjí se také mapovací metody a techniky zobrazování reliéfu.

Na počátku 20. století je snaha o vytvoření jednotné mapy pro celý svět. Od 1. poloviny 20. století probíhá mapování fotogrammetrickými metodami. Po první světové válce začínají vznikat první národní atlasy. Postupně se začíná více prosazovat dálkový průzkum Země a další speciální kartografické techniky (například litografie).

Struktura kartografie

Během historického vývoje kartografie došlo k jejímu rozčlenění na nejrůznější kartografické disciplíny, které můžeme klasifikovat podle několika hledisek. Například můžeme členit kartografii dle typu a obsahu kartografických děl.



Obrázek 6 - Dělení kartografie dle typu obsahu
Zdroj: <http://www.kartografie.webzdarma.cz/privlclen.html>

Jako základní neboli klasické dělení bych rád uvedl podle německého kartografa Maxe Eckerta tedy na teoretickou a praktickou část, jak zobrazuje následující schéma.

Tabulka 1 - Klasické dělení kartografie; Zdroj: Vlastní zpracování

Kartografie	
Teoretická (vědecká)	Praktická
<ul style="list-style-type: none"> - kartologie (nauka o mapách, všeobecná kartografie) - metakartologie (všeobecná teorie) - kartografické metody výzkumu (procesy tvorby map) - kartografická terminologie (nauka o termínech a názvech) 	<ul style="list-style-type: none"> - kartografická tvorba (vznik kartografického díla) - kartografická polygrafie a reprodukce (tisk map)

<ul style="list-style-type: none"> - <i>kartografická generalizace (zobecnění objektů a jevů)</i> - <i>kartografická interpretace (teorie použití mapových značek)</i> - <i>kartometrie (metody měření na mapách)</i> - <i>morfometrie (část kartometrie)</i> - <i>matematická kartografie (převod zemského povrchu do roviny)</i> - <i>historie kartografie</i> 	
--	--

3.1.1 Mapy

V praktické části této práce je mapa základním nositelem informace, a proto je třeba si pojem mapy v následující kapitole představit podrobněji. Za obecně platnou definici považují výklad normy ČSN o názvosloví v geodézii a kartografii, podle které je mapa zmenšený generalizovaný konvenční obraz Země, nebeských těles, kosmu či jejich částí, převedený do roviny pomocí matematicky definovaných vztahů (kartografickým zobrazením), ukazující podle zvolených hledisek polohu, stav a vztahy přírodních, socioekonomických a technických objektů a jevů [8].

V literatuře však můžeme najít nespočet různých výkladů této definice. Pro uvedení příkladu lze uvést další zajímavou definici: Mapa je zmenšené zevšeobecněné zobrazení povrchu Země, ostatních nebeských těles nebo nebeské sféry, sestavené podle matematického zákona na rovině a vyjadřující pomocí smluvených znaků rozmístění a vlastnosti objektů vázaných na jmenované povrchy [4].

Dle různých oblastí se mapy obecně dělí do těchto kategorií:

- Podle obsahu (*topografické mapy, tematické, katastrální, aj.*)
- Podle rozsahu zobrazeného území (*astronomické, mapy Země, mapy celé Země, mapy polokoulí, kontinentů a oceánů, států, mapy menších územních jednotek, mapy měst*)
- Podle účelu (*školní, pro veřejnost, vědecké, vojenské, aj.*)

- Podle měřítka (*mapy velkého měřítka, mapy středního měřítka, mapy malého měřítka*)
- Podle formy záznamu (*digitální, analogové, reliéfní, aj.*)
- Podle způsobu vzniku (*původní, odvozené*)
- Podle časového hlediska (*statické, dynamické, retrospektivní, aj.*)

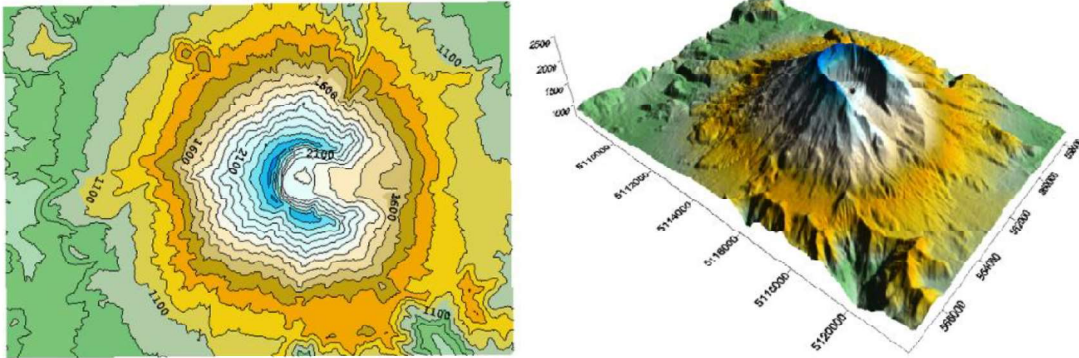
Na rozdíl od glóbu mají mapy určité zkreslení, které deformuje plochy, délky, úhly a tvary zemského povrchu. Obecně platí, že zkreslení je nepřímo úměrné měřítku mapy. Tedy čím je měřítko menší, tím je zkreslení mapy větší. Jako první, kdo dokázal přenášet obraz kulového tělesa Země na papír, byl Gerhard Mercator (Mercatorova projekce) v roce 1569. Tento objev výrazně zlepšil polohové informace obsažené v mapě. Mercatorovo zobrazení je druh úhlojevného válcového mapového zobrazení, které se používá zejména na námořních a leteckých navigačních mapách.

Platí, že i dnes je mapa nositelem mnoha užitečných informací, které potřebujeme v běžném životě. Nejčastěji se však setkáváme s digitální podobou takových map a to zejména na webových portálech, či v aplikacích na chytrých telefonech. Trend dnešní doby je takzvané webové mapování neboli web Gis. Jde o službu, pomocí které mohou uživatelé vybrat, co bude mapa ukazovat.

Aby mapy mohli interpretovat požadavky uživatele, musí být prostorová data nejdříve zpracována. V oblasti GIS jde zejména o geografická data, která se vztahují k prostředí na Zemi.

3.2 Prostorová data

Prostorová data mohou nabývat dvou, tří nebo čtyř rozměrů. V prvním případě jde o plošná data reprezentující povrch Země v rovině, v případě trojrozměrných dat zaznamenáváme například výšku daných rovinných prvků, ze kterých lze vytvářet 3D trojrozměrné modely krajiny, čtvrtá třída pak reprezentuje časovou informaci zanesenou v časových řadách, tyto řady sledují časový vývoj objektů a jevů [11].



Obrázek 7 - Rozdíl mezi 2D (vlevo) a 3D (vpravo) modelem

Zdroj: https://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/thumb/8/81/Contour_vs_Surface_Map.png/250px-Contour_vs_Surface_Map.png

Pro prostorová data jsou používány dva základní typy jejich reprezentace v digitální podobě – vektorový a rastrový typ zobrazení.

Vektorové zobrazení

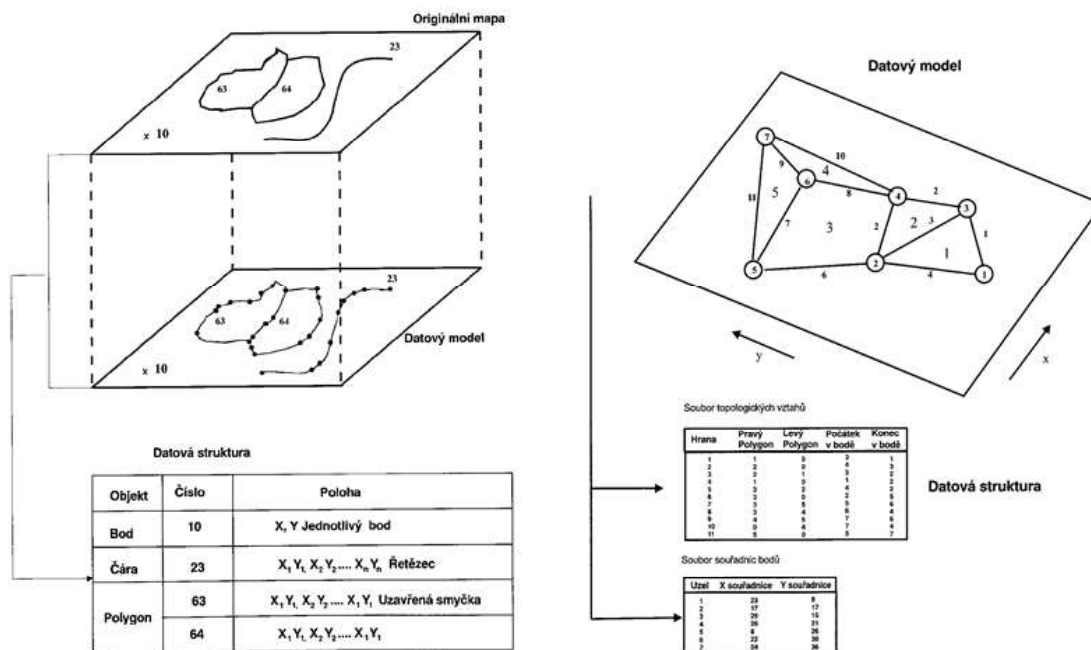
Ve vektorovém zobrazení jsou objekty vyjádřeny pomocí vektorů. Tyto vektory mají směr a velikost danou dvěma koncovými body. Ve vektorovém modelu se setkáme s pojmy bod, polygon a úsečka.

Body jsou bezrozměrnou veličinou, zpravidla dané pomocí souřadné soustavy. Též se charakterizují jako úsečka s nulovou délkou.

Úsečky vyjadřují spojnice dvou bodů. Úsečky mohou obsahovat tisíce bodů. Používají se k vyjádření linií jako je silnice, řeka, stezka atd. Lze měřit jejich délku.

Polygony obsahují tisíce bodů a úseček. Používají se k vyjádření ploch jako například jezera, městské čtvrtě, pole, lesy atp. Nad polygonem můžeme provádět analýzu jeho plochy nebo délky jeho hranic.

Existuje mnoho modelů určených k reprezentaci geografických objektů pomocí vektorové grafiky, které se liší jak ve složitosti struktury, tak i v možnostech využívání topologických vztahů – špagetový, topologický, hierarchický, a podobné [12].



Obrázek 8 - Špagetový (vlevo) vs. Topologický (vpravo) model
 Zdroj: KLIMEŠOVÁ, Dana. Geografické informační systémy a zpracování obrazů. Vyd. 2. Praha: Credit, 2006, 92 s. ISBN 80213083461.

Rastrové zobrazení

Rastr je pravidelná pravoúhlá síť bodů (buněk, pixelů), neboli GRID. Základním kamenem rastrové grafiky je tedy buňka. Všechny buňky mají stejný (definovaný) rozměr a polohu x, y. Buňky jsou uspořádány do matice (tzv. mozaiky) a obsahují hodnoty (tzv. kód pixelu) zastupující zkoumanou lokalitu [11].

Typy tvarů buněk:

- Čtvercové
- Trojúhelníkové
- Hexagonální

Rastrové zdroje vstupních dat pro GIS jsou například data leteckého snímkování, družicové snímky dálkového průzkumu země nebo naskenované podklady (například analogové mapy). Rastrové soubory jsou uloženy přímo v relační databázi, nároky na paměť jsou z hlediska rastrového modelu větší, protože „takové soubory jsou poměrně velké a v případě atributu, který se s polohou příliš nemění, obsahují velké množství stejných hodnot.“

Porovnání vektorové a rastrové grafiky:

Tabulka 2 - Rozdíl mezi rastrovou a vektorovou grafikou

Zdroj: Vlastní zpracování

Vektor

body, úsečky, polygony

modely:

- Špagetový
- Topologický
- Hierarchický

+ neomezený zoom, možnost práce s objekty zvlášť, malá velikost souboru
- neschopnost ztvárnit reálný objekt, horší práce s barvou

Použití:

Fonty, konstrukce a modelování, loga, animace, schémata

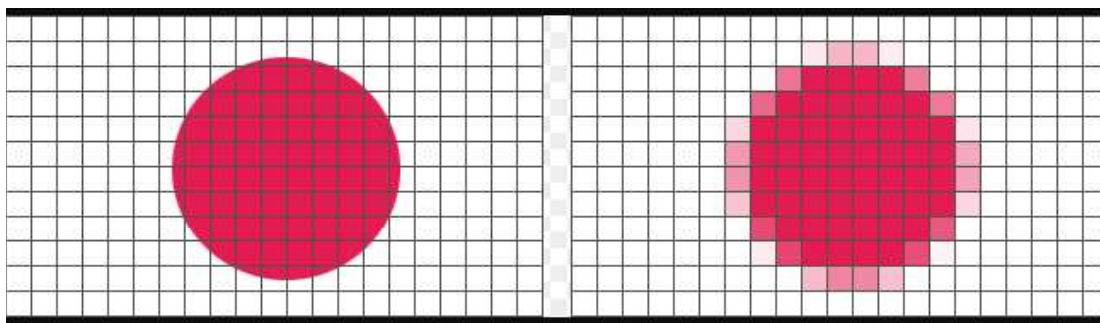
Rastr

buňky, pixely, GRID

tvary buněk:

- čtvercové
- trojúhelníkové
- hexagonální

+ lze ovládat každý bod obrazu, jednoduchá datová struktura, snadné simulace
- velké prostorové nároky, snížení kvality po zvětšení, chyby v odhadu délek



Obrázek 9 - Rozdíl mezi rastrovou a vektorovou grafikou

Zdroj: Vlastní zpracování

3.3 GIS

Geografický informační systém (GIS) je nástroj pro shromažďování, správu a analýzu dat. GIS má kořeny ve vědecké geografii, integruje mnoho typů dat, analyzuje prostorovou polohu a organizuje vrstvy informací do vizualizací pomocí map a 3D scén. S touto unikátní schopností GIS odhaluje hlubší pohled na data, jako jsou vzorce, vztahy a situace a pomáhá tak uživatelům činit inteligentnější rozhodnutí [13].

Jednou z definic GIS, kterou můžeme nalézt v odborné literatuře je například tato: „Geografický informační systém je organizovaný souhrn počítačové techniky, programového vybavení, geografických dat a zaměstnanců navržený tak, aby mohl efektivně získávat, ukládat, aktualizovat, analyzovat, přenášet a zobrazovat všechny druhy geograficky vztažených informací.

Geografické informační systémy mají dnes uplatnění v mnoha oblastech. existuje více než 1000 různých GIS aplikací a využití. Z konkrétních příkladů si můžeme uvést třeba tyto [14]:

- Státní správa a samospráva (*katastr nemovitostí, územní plánování, stavební úřady*)
- Plánování výstavby sítí (*elektřina, plyn, komunikace*)
- Krizové řízení (*management složek integrovaného záchranného sboru při krizové situaci, zpracování krizových plánů - např. povodňové plány*).
- Plánování a výstavba stavebních projektů (*příprava pozemkových dat, grafická prezentace projektu investorům, směr odtoku vody, záplavové oblasti, tvorba jednoduchých mapek areálů*)
- Firmy (*webové prezentace pobočkové sítě, analýza zákaznických dat – trendy dle území, vizualizace projektů, nejkratší cesty k zákazníkům*)
- Zemědělství (*kvalita vegetace, redukce hnojiv, zatížení půdy, sledování eroze, dopravní sítě*)
- Průmysl (*sledování zamoření území, vliv na životní prostředí okolí*)
- Životní prostředí (*kvalita vegetace, vegetační index, erozní modelování, ochrana půdy, migrace živočichů, lovecké zóny*)

- Sport a rekreace (*turistické stezky, mapování běhů, geocaching*)
- Moře (*znečištění, ochrana korálových útesů, sledování proudů, akvakultura, sledování hladiny moře, pobřežní fraktály*)

Historie GIS

První pokusy s automatizovaným mapováním pomocí výpočetní techniky se objevili 50. letech 20. století. Pojem GIS zavedl v roce 1963 Kanadčan R. F. Tomlinsen a označil tak technologie pracující s geografickými daty a podávající informace o terénu pomocí výpočetní techniky. Geografické informační systémy již od začátku pracovali s terénním reliéfem, převážně s rastrovou informací ve 2D matici, na rozdíl od CAD systémů, které pracovali ve vektorové grafice.

Na konci 60. let vznikaly především průkopnické práce na univerzitách a hlavní důraz byl brán na digitální kartografii a analýzu prostorových jevů. Šlo především o alfanumerické operace nad 2D maticí, protože stále neexistovalo grafické uživatelské rozhraní [2]. Do komerční sféry vstoupily GIS koncem 80. let. Tato doba dala za vznik společnosti ESRI, která v roce 1969 zpřístupnila první edici softwaru ArcInfo pro PC. Na přelomu 80. a 90. let vzniklo také grafické uživatelské rozhraní v dílně firmy XEROX, následně převzaté firmou Apple až k rukám Microsoftu.

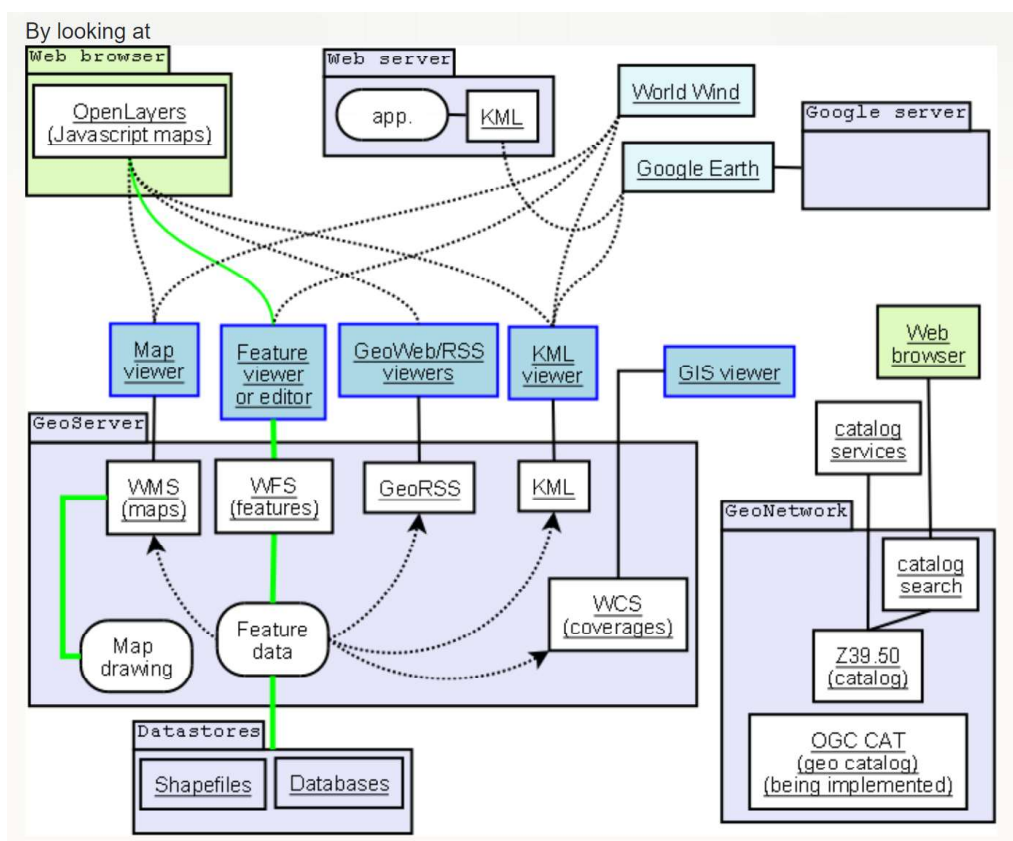
V 90. letech došlo ke standardizaci datových souborů všech nabízených systémů pro práci s geografickými daty a vzniklo konsorcium OGC (Open Geospatial Consortium), které standardizuje veškeré formáty a procesy vztahující se ke geografické informaci.

V dalších letech následoval nástup objektově orientovaných systémů převážně pro velké geografické informační systémy nasazované v podnikových prostředích, s tím také masivní propojení s databázemi, vzdálený přístup, mobilní gis atp.

Dnes existuje celá řada softwarových produktů, které nabízejí možnost práce s geografickými informacemi. Mezi nejznámější a také nejpoužívanější programy patří zejména produkty: ArcGIS, QGIS, GRASS GIS, SuperGIS, SAGA GIS, či JUMP GIS. Výběr produktů je opravdu rozsáhlý, některé platformy jsou poskytovány jako open source, tedy program zdarma (například QGIS) na rozdíl od produktu ArcGIS společnosti ESRI [13].

Architektura GIS

Architekturu geografických informačních systémů tvoří mnoho vzájemně provázaných funkcionalit a lze ji popsat více různými způsoby. Nejčastěji se setkáme s třívrstvou architekturou dělení dle specifikací OGS na datovou, aplikační a presenční vrstvu (znázorněnou na obrázku č. 10).



Obrázek 10 - Dělení architektury GIS s jednotlivými funkcionalitami.

Zdroj: https://cs.wikipedia.org/wiki/Open_Geospatial_Consortium

Datová vrstva manipuluje s daty na úrovni ŠRBD pomocí dotazovacího jazyka. Výstupem jsou sady objektů k dalšímu zpracování.

Aplikační vrstva (označována také jako úroveň zpracování) je mezičlánkem pohledu, který se zobrazuje uživateli a fyzickým uložením zobrazených dat. Tato vrstva má za úkol zpracovat požadavky uživatele, distribuovat je na nižší datovou vrstvu a vrácená data uvést do podoby vhodné zobrazení uživateli.

Prezenční vrstva má pouze jediný účel, kterým je zobrazení převzatých dat od aplikační vrstvy uživateli. Tato vrstva je komunikačním nástrojem mezi uživatelem a databází.

Funkce GIS

Hlavními funkcemi geografických informačních systémů jsou [20]:

- **Vkládání dat** – převedení do vhodného formátu. Například digitalizace (převedení papírových map do počítačové podoby).
- **Manipulace** – opravy dat a atributů, transformace.
- **Dotazy a analýza** – GISu můžeme pokládat jednoduché otázky na prostorová i neprostorová data, ale také otázky vyžadující analýzu. Jde zejména o klasifikační a měřicí funkce, překrytí, funkce v okolí a funkce spojovací.
- **Zobrazení** – Jde o textový či obrazový výstup, kterým znázorňujeme výsledky předešlých analýz. Nejznámějším výstupem jsou mapy, které prezentují geografická data a vybrané informační detaily.

V programu ArcMap existuje několik desítek funkcí, které lze použít pro správu a analýzu vytvořených dat. Níže je uveden stručný přehled sedmi základních a nejčastěji využívaných funkcí.

1. **BUFFER** -> definuje zónu kolem objektů v jedné vrstvě.
2. **MERGE** -> sjednotí do jedné vrstvy data stejného datového typu
3. **CLIP** -> slouží k oříznutí podkladové vrstvy podle vzoru.
4. **INTERSECT** -> získáme průnik více vrstev.
5. **UNION** -> do výstupu se zahrnou všechny prvky z vybraných vrstev.
6. **DISSOLVE** -> na základě shodných atributů sloučí jednotlivé prvky.
7. **ERASE** -> slouží k odečtení jedné vrstvy od druhé.

3.3.1 Zdroje dat pro GIS

Předchozí odstavec vysvětlil, s jakými daty se v GIS můžeme setkat. Další odstavce představí, jaké existují dostupné zdroje takových dat. Na počátku vzniku GIS byly nejčastější tři základní druhy vstupů: měření v terénu, DPZ (dálkový průzkum Země) a import již existujících papírových map, nebo digitálních map. Pořizování dat přímo v terénu (zejména geodetické měření, letecké snímkování, laserové skenování objektů z povrchu Země) a importování papírových dat bylo velice nákladné, pracné a náročné.

Dnes jsou nejčastějším zdrojem dat již zpracované geo-databáze neboli rastrové, či vektorové sady a ještě stále DPZ (Dálkový Průzkum Země) [14]. Použití takových zdrojů není nákladné ani náročné a dnes již velice snadno dostupné - v mnoha případech se dá pořídit zcela zdarma. Pro zcela běžné účely se dají použít například bezplatné zdroje uvedené v tabulce níže.

Největším a nejznámějším poskytovatelem volně dostupných GIS dat je společnost ESRI je největší komerční GIS organizace, která má více jak 4 tisíce klientů na celém světě. ESRI nabízí od roku 2017 více než 67 tisíc otevřených datových souborů dostupných ve více GIS formátech (KML, GeoJSON, API) prostřednictvím projektu ArcGIS Open Data.

Dalším známým projektem, je OpenStreetMap. Jde o komunitu uživatelů, kteří přidávají a udržují data o silnicích, cestách, kavárnách, železničních stanicích a mnohém dalším po celém světě [14].

*Tabulka 3 - Přehled zdarma dostupných zdrojů GIS dat
Zdroj: Vlastní zpracování*

(1) Natural Earth Data / Přirození data o Zemi Od: Severoamerická kartografická informační společnost (NACIS). Typ dat: Kulturní, fyzické a rastrové (basemap) data
(2) Esri Open Data / ESRI otevřená data Od: Společnost ESRI Typ dat: KML, shapefile a API jsou OGC WMS, GeoJSON a GeoService
(3) USGS Earth Explorer / USGS Průzkum Země Od: Americká vědeckovýzkumná vládní agentura Typ dat: Dálkové snímání dat (Landsat, globální půdní kryt ...)
(4) OpenStreetMap / Otevřené městské mapy Od: Projekt - mapy vytvářené veřejností

Typ dat:	Kulturní vektorová data s vysokým prostorovým rozlišením (budovy, využití půdy, železnice, silnice, vodní cesty)
(5) SEDAC - NASA	
Od:	Centrum sociálně-ekonomických dat a aplikací NASA
Typ dat:	Socioekonomické údaje (zemědělství, klima, ochrana, správa, nebezpečí, zdraví, infrastruktura, využití půdy, námořní a pobřežní, populace, chudoba, dálkový průzkum,
(6) Open Topography / Otevřená topografie	
Od:	Národní vědecká společnost (USA)
Typ dat:	LiDAR (90% Spojené státy, Kanada, Austrálie, Brazílie, Haiti, Mexiko a Portoriko)
(7) Sentinel Satellite Data / Sentinel satelitní data	
Od:	Evropské vesmírné agentura
Typ dat:	Rastrová data - 11 kanálů od Sentinel-2. Radar se syntetickou clonou od Sentinel-1.

V České Republice je nejznámějším zdrojem dat ZABAGED neboli základní báze geografických dat České republiky. ZABAGED je komplexní digitální geografický model území České republiky (ČR), který je spravován Zeměměřickým úřadem a je využíván jako základní informační vrstva v územně orientovaných informačních a řídicích systémech veřejné správy ČR. Je také hlavním zdrojem informací pro tvorbu základních map ČR [16].

ZABAGED funguje od roku 1995 až po současnost. Teprve v roce 2004 byla databáze naplněna v celém rozsahu území ČR a nedefinovaných objektů. Dnes je tvořena 122 typy geografických objektů a její polohopisná část obsahuje dvourozměrně vedené (2D) prostorové informace a popisné informace o sídlech, komunikacích, rozvodných sítích a produktovodech, vodstvu, územních jednotkách a chráněných územích, vegetaci a povrchu a terénním reliéfu [18].

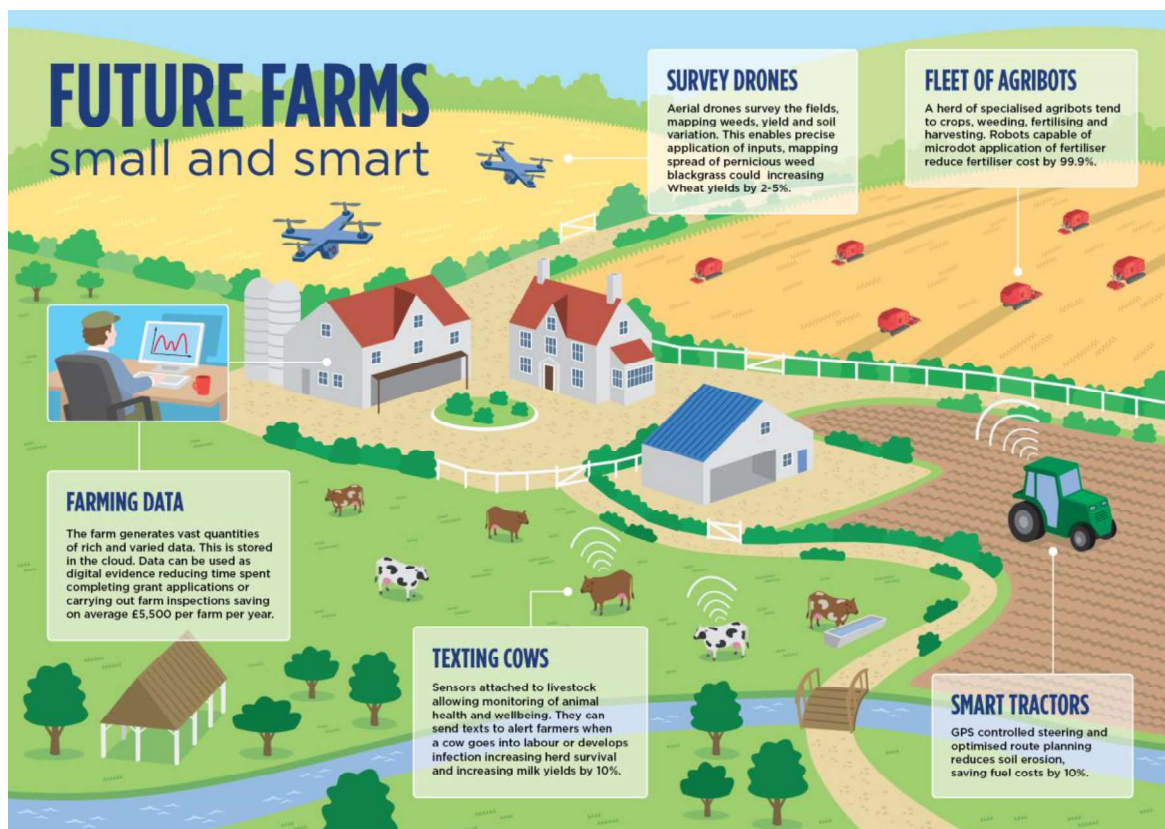
3.3.2 GIS v zemědělství

Nabídka informačních systémů pro zemědělství je v dnešní době velice široká. Vše začalo potřebou evidovat a analyzovat informace, které se daly získat při sklizni, například evidence výnosů plodin na poli. Dnes se dá pomocí systémů sledovat například stav vegetace, míra zatížení půdy, navigovat stroje mimo stejné dráhy pohybu, sledovat výnosy plodin apod. Největší část však tvoří systémy pro sledování aplikace hnojiv a postřiků.

Moderní způsob obhospodařování půdy s použitím dostupných technologií se nazývá precizní zemědělství, nebo také zemědělství 4.0. Metody precizního zemědělství slibují zvýšení množství a kvality zemědělské produkce a zároveň nižší potřebu vstupů (voda, energie, hnojiva, pesticidy atd.) [18].

Klíčové je získání maximálního množství informací o pozemku (složení půdy, mocnost orníční vrstvy, zásobení živinami apod.) a sledovat změny jednotlivých hodnot v rámci pozemku.

Výše zmíněné potřeby evidence již směřují k tomu, že se jedná o množinu dat, která se váže ke konkrétnímu místu na Zemi. Využití GIS pro správu a uchování těchto dat se tak zcela přímo nabízí. Zemědělské podniky využívají GIS v různých oblastech, zejména však pro analýzy vegetačních porostů po aplikaci hnojiv a také pro sledování míry zatížení půdy a vliv na průměrné hektarové výnosy, či jejich evidence v čase.



Obrázek 11 - Představa "farmy budoucnosti"

Zdroj: https://twitter.com/nesta_uk/status/653579634823467008

3.4 DSS

V posledních letech mají informační systémy důležitou roli v procesech rozhodování a poskytují stále více vazeb na nástroje pro podporu rozhodování, znalostní a expertní systémy. Tyto systémy poskytují uživateli komplexní algoritmy řešení komplikovaných úloh, čímž zjednodušují, posilují a urychlují rozhodování uživatele při jejich řešení, což má velký význam pro praxi.

DSS neboli systémy pro podporu rozhodování (z angl. Decision Support Systems) spojují intelektuální zdroje jednotlivců s možnostmi počítačů s cílem zlepšit kvalitu rozhodnutí [18]. Definice systému pro podporu rozhodování jsou různé. Společným znakem je využití informačních technologií a usnadnění rozhodovacího procesu. Jsou určeny k podpoře rozhodnutí a nikdy nejsou v praxi používány jako autonomní rozhodující činitelé. Jejich základním úkolem je poskytovat řídicím pracovníkům takové informace, jaké pro své rozhodování potřebují, a dále vhodné nástroje, pomocí nichž je možné vyhodnocovat různé alternativy, které připadají v úvahu, vypočítávat jejich ekonomický efekt a podobně.

Podpora rozhodování ovšem nemusí být pouze informační systém. Podporou rozhodování může být jakýkoliv nástroj usnadňující výběr nejlepší varianty. Například GIS poskytují mnoho nástrojů, pomocí kterých lze nabídnout uživateli více možných variant s cílem podpořit jeho výsledné rozhodnutí.

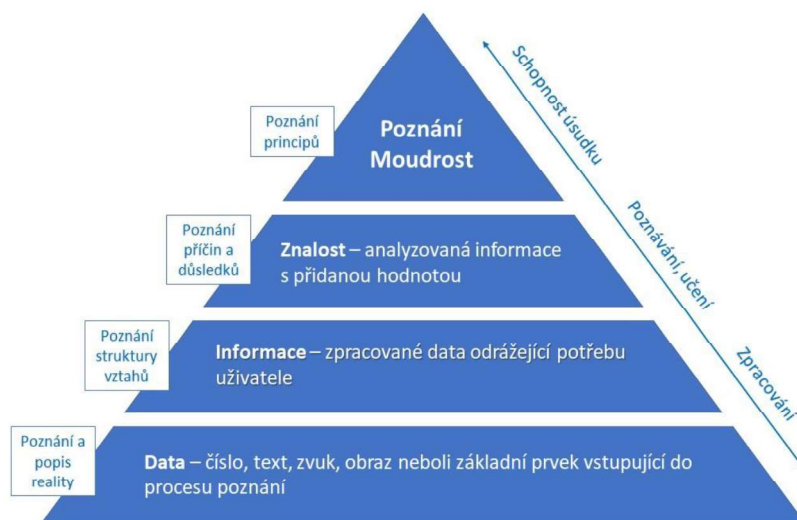
Data, informace, znalosti

Tři základní pilíře IS jsou data, informace a znalosti. Moderní společnost dnešního světa je přímo závislá na informacích. Nebylo by ovšem žádné informace, bez existence relevantních dat a stejně tak ani žádné znalosti bez existence dostatečných informací.

Data jsou základní množinou tvořící každý informační systém. Bez dat by nebylo možné interpretovat žádné informace, tedy ani znalosti. Data jsou však pouze shluk symbolů vyjadřující vlastnosti a stavy objektů ve světě kolem nás. Definice dat dle normy ČSN: „*Údaj (data): obraz vlastností objektu, vhodně formalizovaný pro přesnost, interpretaci nebo zpracování prostřednictvím lidí nebo automatů.*“.

Teprve přisouzením významu datovým souborům vznikají **informace**. „*Informace jsou údaje vytvořené jako výsledek zpracování dat. Mohli bychom to také formulovat tak, že informace jsou údaje přetvořené požadovaným údajem.*“ (R. M. Hayes, 1970). Z toho vyplývá, že jediný, kdo dokáže vytvářet informace, je člověk. Stroj nedokáže interpretovat význam dat. Je důležité připomenout, že kvalita informací není přímo úměrná množství informací, ale jejich včasnosti, přesnosti, vypovídající schopnosti, komplexnosti a formě, ve které jsou poskytovány [16].

Dalším stupněm interpretace dat je **znalost**. Znalosti jsou informace chápané ve vzájemných vztazích, souvislostech a kontextu. Znalostí se obecně dělí na explicitní a tacitní. Explicitní dimenze je ta část znalosti, kterou můžeme vyjádřit pomocí jazyka, písma, obrázku, matematické formule, či digitálního záznamu. Tacitní znalost je soubor dovedností, zkušeností, intuice, pravidel, principů, mentálních modelů a osobních představ konkrétního člověka nebo skupiny lidí [19].



Obrázek 12 - Jednotlivé stupně znalostí
Zdroj: Vlastní zpracování

Nejvyšším stupněm procesu přeměny dat je **moudrost**. „*Moudrostí se rozumí expertní systém lidského myšlení a jednání, který koordinuje znalosti a ctnosti, myšlení a charakter*“ [20].

Jednotlivé stupně lidského vědění a chápání jsou výchozím bodem v konstrukci systémů pro podporu rozhodování a základním kamenem tvorby rozhodovacích procesů.

Rozhodovací proces

Rozhodování je proces, při kterém jedinec či kolektiv vybírá nejlepší volbu ze všech možných alternativ. Výsledkem rozhodovacího procesu je tedy výběr nejlepší možnosti tedy rozhodnutí. Dle Mildeové (2009) se samotné řešení problému skládá z několika etap. Mezi těmito etapami má své výsadní postavení etapa nazývaná rozhodnutí, která spočívá ve výběru konkrétního způsobu řešení. Je možné definovat tři základní přístupy, které lze uplatnit při výběru rozhodnutí - náhodu, intuici a racionální přístup.

Proces rozhodování má následující stádia [21]:

- definování problému,
- získávání potřebných informací,
- ohodnocení přípustných variant řešení,
- výběr optimálního řešení porovnáním hodnocení alternativ.

Pomoci vybrat rychlé a přitom správné rozhodnutí mohou systémy pro podporu rozhodování. Jsou tím nástrojem, který umožní vysokou rychlost rozvrhování celého procesu.

Systémový přístup

Moderním řešením při analýze složitých systémů je využití systémového přístupu, který zkoumá systém ve všech jeho vazbách. Systémovým přístupem chápeme účelový způsob myšlení nebo řešení problému, přičemž zkoumané jevy a procesy jsou chápány komplexně v jejich vnitřních a vnějších souvislostech. Cílem aplikace systémového přístupu je pochopit a popsat problém a následně i problém řešit.

3.4.1 Vývoj DSS

Koncept systémů pro podporu rozhodování se rozvinul kolem roku 1965. Budovat rozsáhlé informační systémy bylo v té době velice nákladné, a proto se velké organizace zaměřili na praktičtější a nákladově efektivnější rozvíjení manažerských informačních systémů (MIS). MIS se zaměřovali na poskytování strukturovaných a pravidelných reportů manažerům. Většina takových informací pocházela z účetních a transakčních systémů [22].

V pozdních šedesátých letech se novým typem informačního systému stal praktický, modelově orientovaný systém DSS. Za dva významné průkopníky DSS se v této době považují Peter Keen a Charles Stabell.

Koncem 80. let se z modelově orientovaného DSS vyvinuly další variace: executive information system(EIS), group decision support systems (GDSS) a organizational decision support systems (ODSS). Počátkem 90. let minulého století se rámec DSS obohatil o data warehousing a on-line analytical processing (OLAP). Významný technologický posun nastal na přelomu milénia. Byly představeny nové, webově orientované analytické aplikace [22].

Je zřejmé, že výzkum v oblasti DSS stojí na multidisciplinárních základech (v rámci oboru informačních technologií) mezi něž patří databáze, umělá inteligence, interakce člověk-počítač, modelování a simulační metody, softwarové inženýrství a telekomunikace.

Fungování DSS

Základem fungování DSS je tzv. Informační procesor, místo zpracování informací, kde se shromažďují data z vnitřních a vnějších zdrojů. Informační procesor je tvořen databází, počítačem a softwarovou knihovnou. Počítač s pomocí vhodného softwaru vytváří zprávy, odpovídá na databázové dotazy a provádí simulace matematických modelů [23]. Tyto základní informace jsou k dispozici skupině manažerů či manažerovi pro rozhodování při řešení problémů, přičemž zprávy a databázové dotazy jsou většinou užívány pro identifikaci a porozumění problému. Simulace jsou cenné ve vyhledávání alternativ.

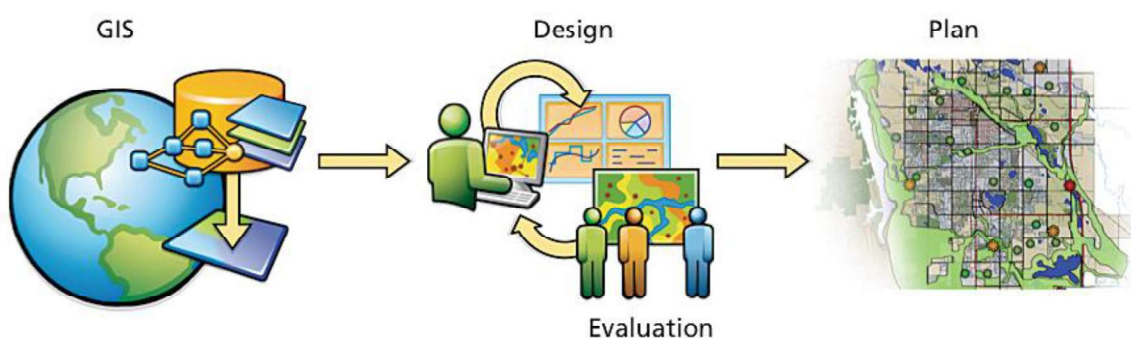
Rozhodování v GIS

Správná rozhodnutí jsou velmi často závislá na rychlém a kvalitním zpracování velkého množství dat, a to včetně těch získávaných v reálném čase. Systémy GIS nabízejí jednoduché zobrazení dat, která jsou v daném okamžiku potřebná. Existují tři hlavní způsoby, jak se GIS uplatňuje v procesu rozhodování [21]:

- GIS umožňuje zobrazení problému v grafické/prostorové podobě, a tím umožňuje elegantněji řešit daný problém.

- GIS pomáhá uživateli provést lepší vysvětlení, či zdůvodnění jeho rozhodnutí.
- Použití GIS mění náš pohled na svět a nutí uvědomovat si jeho prostorové souvislosti.

Vizualizace problému často napomáhá jeho řešení. Prostorové zobrazení jevů může maximalizovat naše schopnosti představivosti a vede k snazšímu řešení problémů, které jsou prostorové povahy. Zobrazení informace nám dovolí uchopit a udržet si větší množství informace než při slovním vyjádření. Pokud například použijeme v mapě barevnou stupnici pro odlišení oblastí v závislosti na průměrných výnosech plodin, uživatel získá přehled o oblastech s vysokým průměrným výnosem. Na základě toho se může rozhodovat, jaký pracovní postup zvolit na další sezónu. Bez zrakového vjemu se nám stejné množství informací bude jevit pouze jako dlouhý seznam oblastí s popisy a hodnotami průměrných výnosů.



Obrázek 13 - Diagram znázorňuje proces plánování pomocí GIS
 Zdroj: <http://www.esri.com/news/arcnews/fall09/articles/gis-design-and.html>

4 Vlastní práce

Výsledkem mé práce je webová aplikace GIS, která je navržena s cílem podpořit rozhodování uživatele na základě vybraných atributů. Konkrétně se jedná o webovou aplikaci, která je určena agronomovi zemědělského podniku a slouží jako podpůrný prostředek při tvorbě osevních postupů na další hospodářskou sezónu.

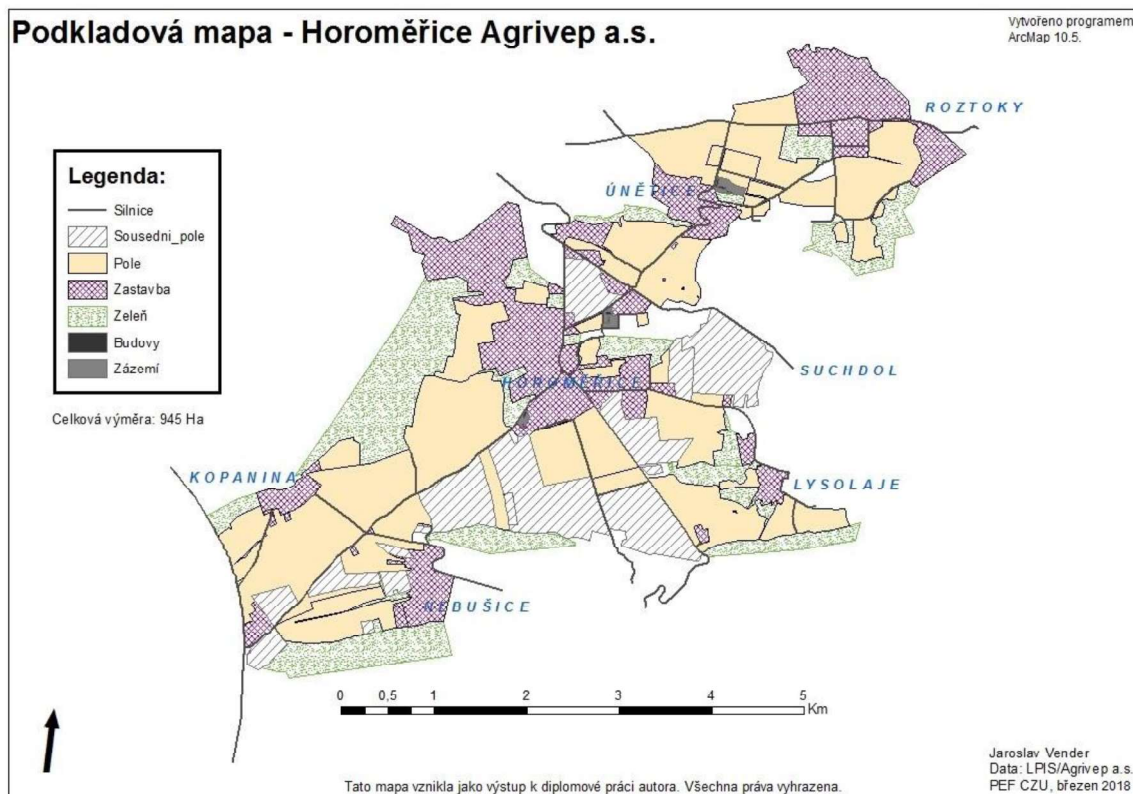
K tomu je potřeba vytvořit příslušnou databázi polností agropodniku v programu ArcMap, navrhnout model procesu tvorby variant, použitím vhodných analytických nástrojů získat výstupní data a navrhnout rozhraní komunikace mezi programem ArcMap a naprogramovaným webovým rozhraním.

Jako zájmové území jsem si vybral místo svého bydliště v Horoměřicích a zdejší zemědělský podnik hospodařící na okolních pozemcích. Společnost Agrivep a.s. poskytla data z reálného fungování podniku a spolupracovala na vzniku aplikace.

Informace o společnosti Agrivep a.s.

Akciová společnost Agrivep vznikla transformací bývalého JZD, později zemědělské družstvo, v roce 2004. Podnik hospodaří na výměře 3200 hektarů v nadmořské výšce od 270 až 330 metrů nad mořem. Celá společnost je rozdělena na několik středisek, zejména díky geografickému rozložení obhospodařovaných polností, na střediska v Horoměřicích, Kněževsi, Tursku a Černoučku. Společnost se zaměřuje, dnes již tradičně, na rostlinnou výrobu, a to zejména obilovin, olejnin a cukrové řepy [24].

Pro účely této práce jsem vybral středisko v Horoměřicích, které hospodaří na výměře přes 900 hektarů pozemků – převážná většina z nich není majetkem společnosti. Jde zejména o polnosti (na obrázku č. 14 vyznačeny žlutě) nacházející se na západ od Horoměřic – mezi obcí Nebušice a Přední Kopanina, pozemky na severní straně – směrem na obec Černý Vůl, pozemky na západ od Horoměřic – rozlehlé až k obci Roztoky u Prahy a pozemky na jižní straně – směrem k hranicím Prahy a městské části Praha 6 – Lysolaje.



Obrázek 14 - Mapa Horoměřic a okolí s vyznačenými (žlutě) pozemky ve správě Agrivep a.s.
zdroj: Vlastní zpracování

Na této podkladové mapě, která je výstupem programu ArcMap můžeme na první pohled vidět, které pozemky jsou ve správě společnosti Agrivep a můžeme se zároveň dobře orientovat v okolí obce Horoměřice. Tato mapa splňuje svůj účel informovat příjemce, je dobrým nositelem informací, avšak nijak nedokáže pomoci při rozhodování se, jelikož důležité informace zatím zůstávají skryté.

4.1 Vytvoření podkladů v ArcMap

První činností, která je nezbytná pro fungování navrženého systému, je návrh a realizace databáze pozemků v prostředí GIS. Pro tyto účely práce jsem použil produkt ArcMap od společnosti ESRI ve verzi 10.5. s použitím platné licence určené studentům České Zemědělské univerzity.

Co je ArcMap

ArcMap je aplikace ArcGIS Desktop, která slouží pro všechny mapové úlohy včetně kartografie, prostorových analýz a editace dat [25]. Z velké části jsem využíval zejména základních nástrojů aplikace ArcMap pro editaci prostorových dat (viz. funkce uvedené v kapitole 1.2.2) a nástrojů geoprocessingu.

Základní mapa

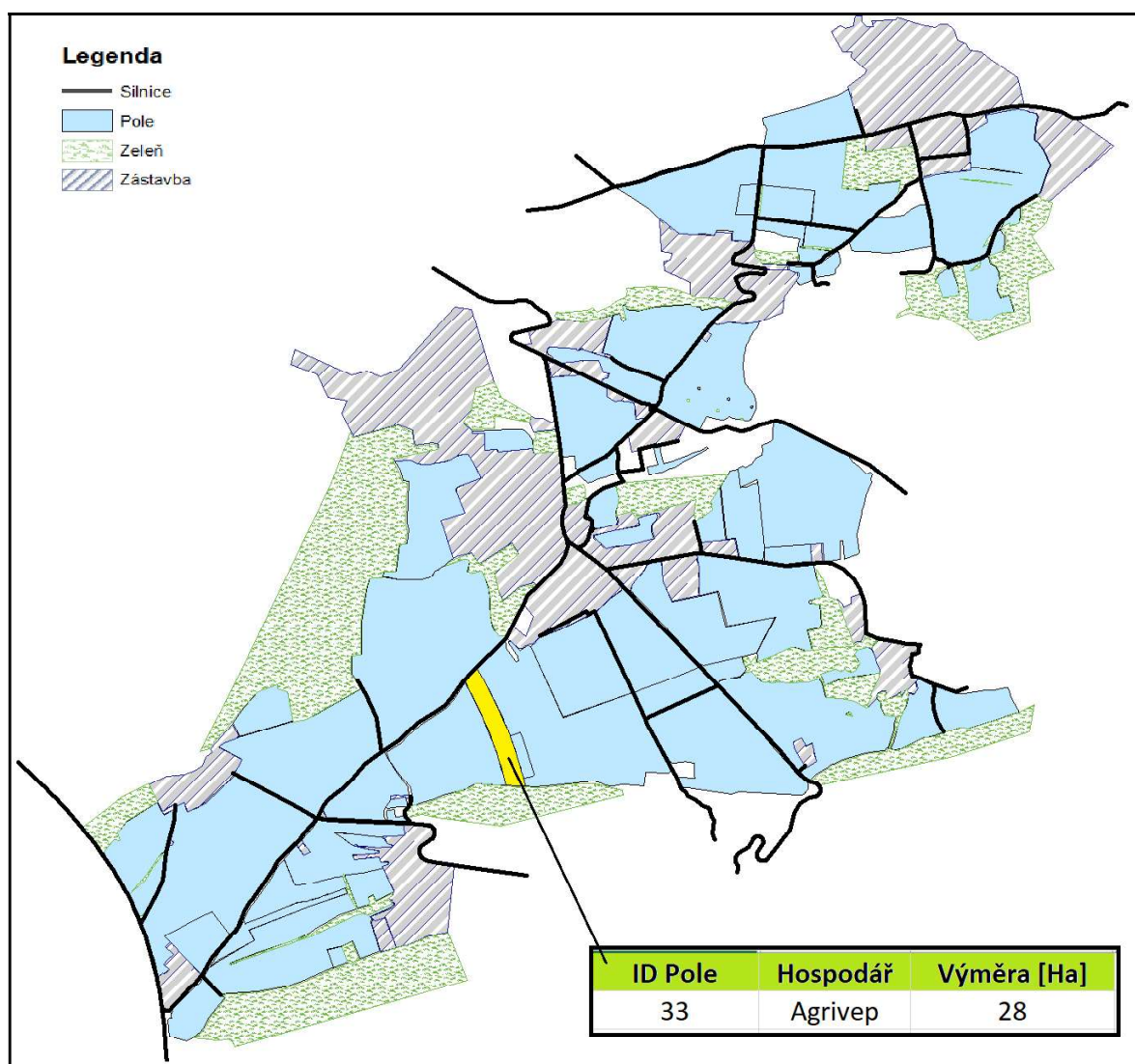
Podkladovou vrstvu tvoří rastrová mapa celého světa (tzv. Open street map), kterou společnost ESRI poskytuje uživatelům. K dispozici se nabízí velké množství základních map, které zobrazují povrch země podle zvoleného přiblížení i s různým zaměřením – fotomapy, mapy ulic, vod/oceánů apod. Open street mapu jsem vybral z důvodu její přehlednosti při definování jednotlivých polností a dalších objektů.

Vrstvy

Program ArcMap pracuje na principu vektorových či rastrových vrstev. Tyto vrstvy lze velice snadno vytvářet, upravovat, přesouvat či skrývat. Základní vrstvy v tomto projektu tvoří silnice, pole, zeleň, zástavba a zázemí s budovami. Vrstva zástavby a zeleně slouží pouze pro lepší orientaci ve vygenerovaných mapách (například základní mapa, výnosové mapy atp.). Vrstva silnic je definována pro snadnější orientaci v mapě a slouží jako spojnice polností se zázemím (například délka trasy z pole do sýpky¹).

Nejdůležitější vrstvou pro účely projektu jsou samotná pole. Tato vrstva slouží jako významný nositel informací, které jsou uloženy v databázi programu a její atributy jsou podkladem při vytváření alternativ řešení v procesu podpory rozhodování.

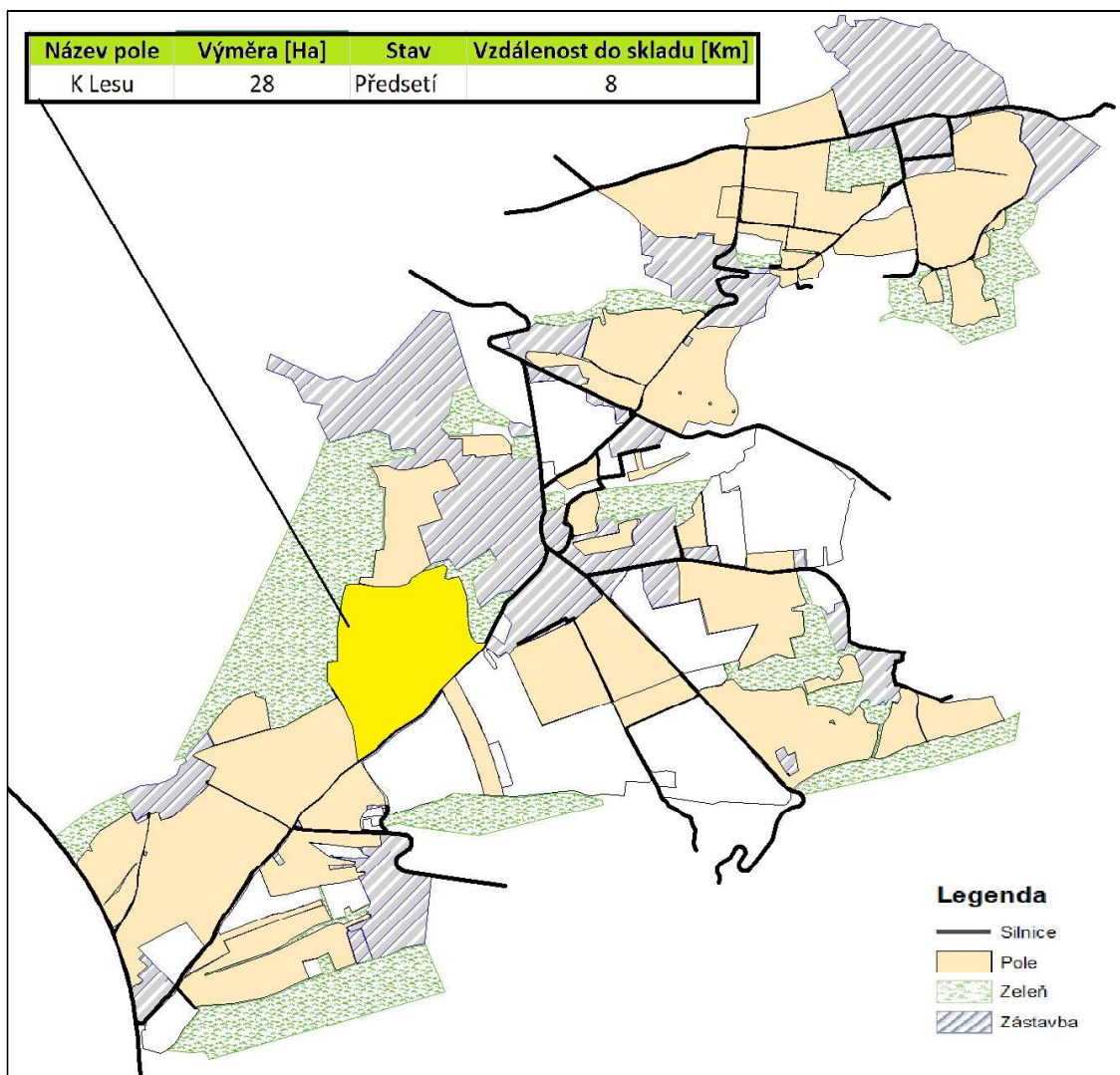
¹Sýpka nebo špýchar (z něm. Speicher, česky též špejchar, špejchárek) je stavba, která je určena k uskladňování zrní, tedy vymláceného obilí.



Obrázek 15 – Namodelování vrstev (pole, silnice a zástavba) v programu ArcMap (bez základní mapy), Zdroj: Vlastní zpracování

Pro zobrazení aktuálního stavu polností je z této vrstvy vytvořena další, která obsahuje pouze polnosti Agrivepu. Důvodem rozdělení na další vrstvu je fakt, že u sousedních polností evidujeme pouze oblast pole, vypočítanou výměru, a jméno hospodáře. Na rozdíl od polí Agrivepu, kde se evidují další údaje, jako například zasetá plodina, či stav pracovního postupu k aktuálnímu času.

Pro příklad uvádím tabulku číslo 44 pod odstavcem, která zobrazuje údaje uvedené v databázové struktuře pro vrstvu „pole Horoměřice“. Některé sloupce jsou pro zobrazení na webovém portálu skryté – není potřeba, aby uživatel viděl všechny údaje, které jsou potřebné zejména pro potřeby práce s DB strukturou – například FID, shapefile apod..



Obrázek 16 - Rozdělení na vrstvy dle atributu vlastníka a zobrazení ekvivalentních informací
Zdroj: Vlastní zpracování

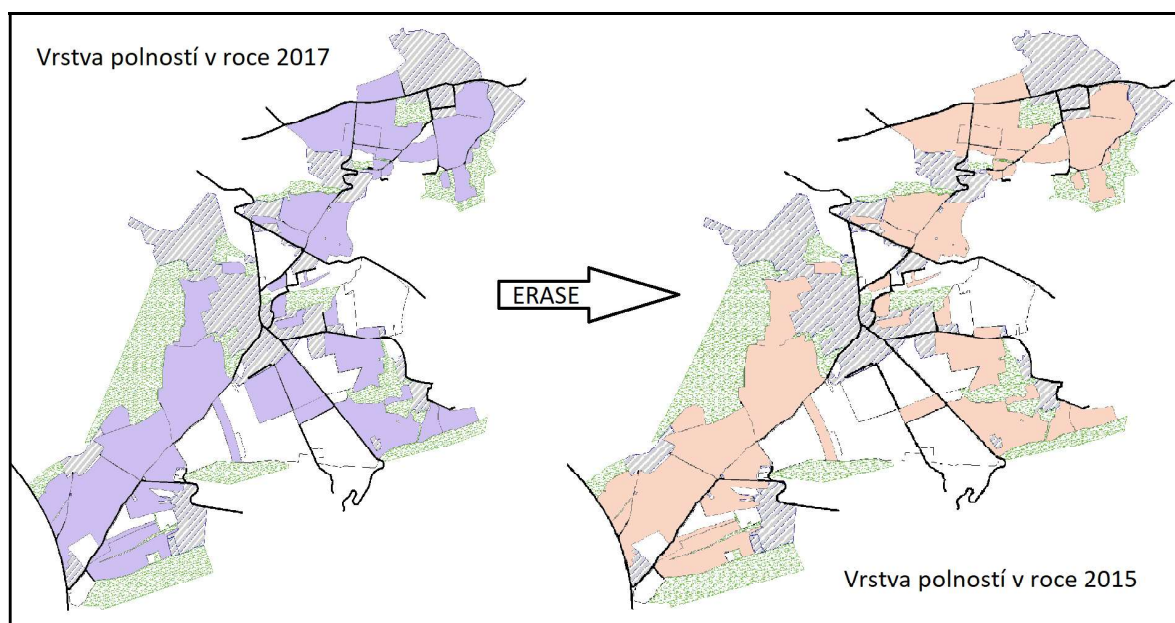
Každé pole je uloženo ve vrstvě .SHP (shapefile) jako polygon s jedinečným ID a vlastními atributy, které jsou popsány v kapitole 4.1.1. Faktor času je pro účely této práce zaznamenán pomocí vrstev. Každá taková vrstva je takzvaným otiskem stavu pro daný rok. Z časového hlediska jsem zjistil, že mohou nastat změny ve vlastnictví, správě, nebo fyzickém rozložení polnosti. Tyto změny pak jednotlivé vrstvy dobře uchovají, a dá se s nimi dále dobře pracovat. Například pokud chceme zjistit, kde se změnila výměra pole (nejčastěji kvůli rozšíření zástavby, nebo změně majitele).

Změny v čase

V průběhu let dochází na polnostech k různým změnám, které je třeba promítnout do aplikace, aby nedocházelo ke zkreslování reality a výstupních informací. K nejčastějším drobným změnám patří změna v rozložení polností – například dojde k zabrání části pozemku výstavbou. Změny většího rozsahu, které nejsou tak časté, ale nastat můžou, jsou například změny ve vlastnictví pozemků a s tím spojené změny v užívání (hospodaření) na pozemku. V posledních letech nastaly ve vybraném agropodniku změny obou typů.

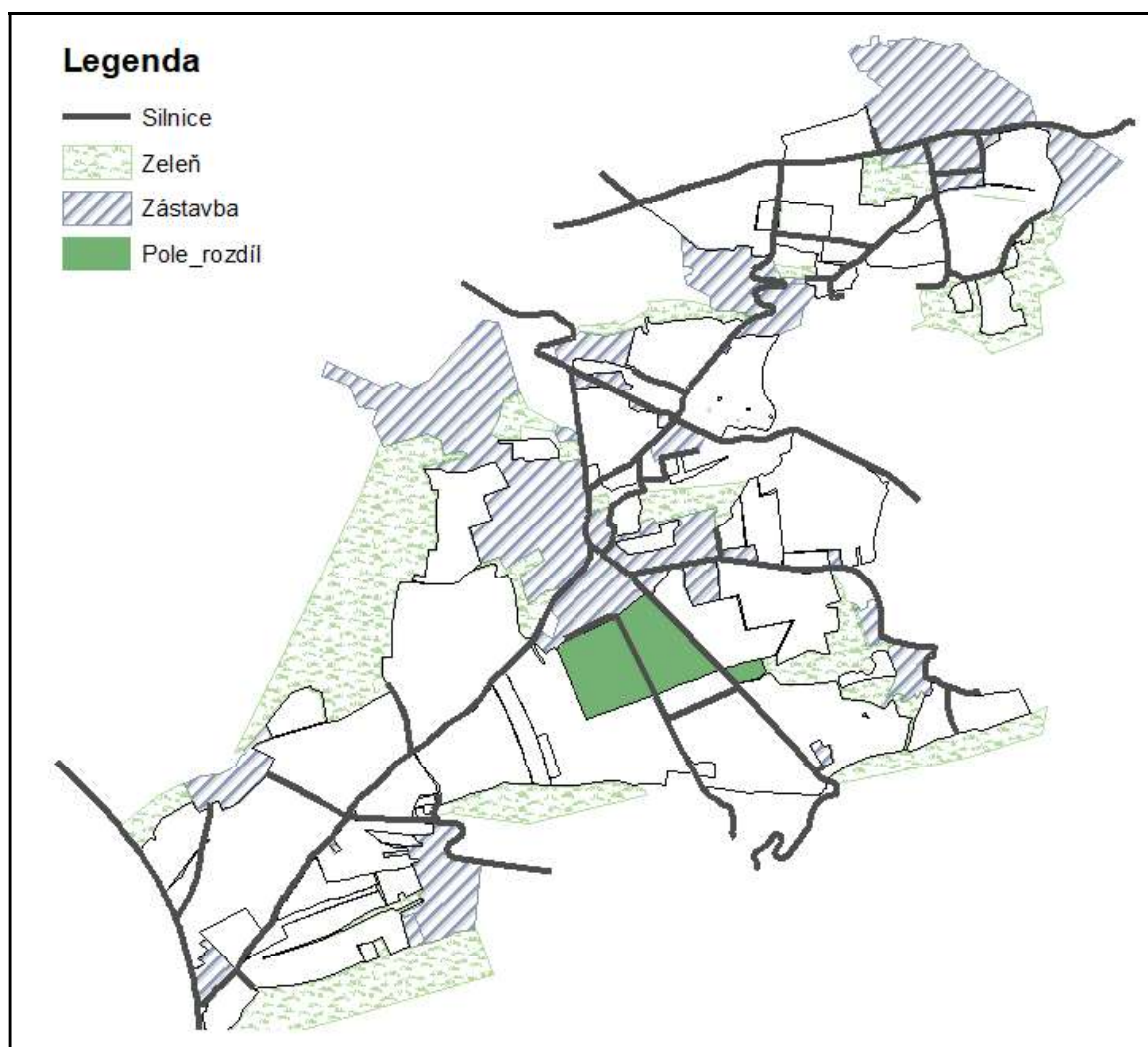
V relačních databázích lze uchovávat časový údaj ve třech různých dimenzích. Lze zaznamenat čas platnosti (údaj platný od – do), čas změny neboli transakce (změna záznamu v tabulce), či uživatelem definovaný čas (tj. časový údaj vztažený k objektu) [26]. Atribut času pro údaj správy pole v daném roce je v této práci realizován vrstvou polností pro daný rok (více v kapitole 4.2.).

Pro ilustraci těchto změn uvádím funkci „erase“. Pomocí této funkce je realizované porovnání polností ve správě Agrivepu mezi léty 2015 a stavem k uzavřené sezóně 2017 (na obrázku č. 17).



Obrázek 17 - Ilustrace funkce rozdílů vrstev, vlevo *Moje_pole_2017.shp*, vpravo *Moje_pole_2015.shp*
Zdroj: Vlastní zpracování

Zdrojem pro tuto funkci je vrstva *Moje_pole_2015* a vrstva *Moje_pole_2017*. Výstup funkce „erase“ zobrazuje obrázek číslo 18, ze kterého je patrné, k jakým změnám došlo. Rozdíl vrstev nám nabízí pohled, kde jsou zeleně označeny půdní celky, které v průběhu let 2015 až 2017 přešly do správy společnosti Agrivep.



Obrázek 18 - Využitím funkce ERASE lze získat přehled o rozdílu výměr
Zdroj: Vlastní zpracování

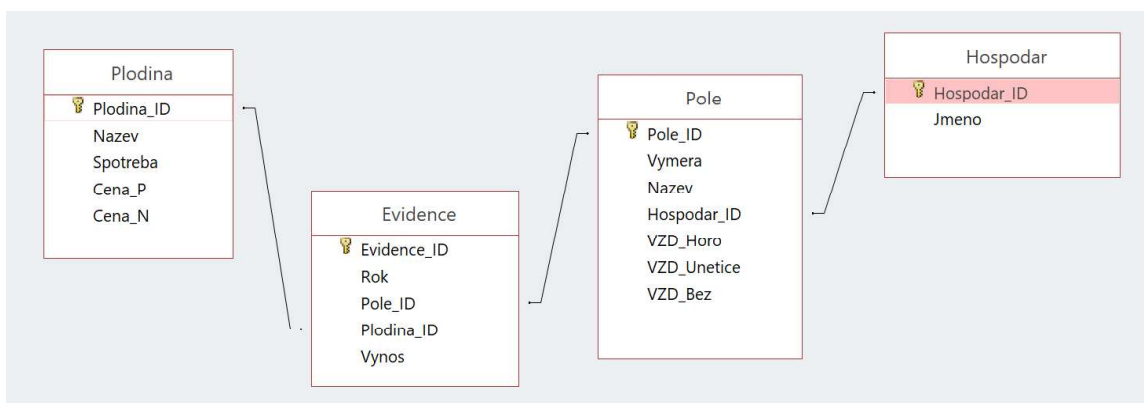
Tyto změny jsou důsledkem ukončení dlouholetých soudních sporů majitelů pozemků o jejich vlastnictví, které nabylo správní moci v roce 2017 a tím společnost Agrivep dostala některé půdní celky do správy. Nicméně drobné změny v rozložení parcel jsou v praxi agropodniku obvyklé, jelikož společnost hospodaří v těsné blízkosti hlavního města Prahy, kde se neustále rozšiřuje zástavba na úkor orné půdy.

4.1.1 Databázová struktura

Ke každému poli je třeba evidovat různé záznamy. Z důvodu postupného nabývání objemu dat je třeba na začátku správně navrhnout strukturu databáze, v níž se budou data ukládat. Pro účely této práce jsem využil databázový program MS Access, zejména pro definování modelu DB, plnění atributových tabulek a vytváření pohledů pomocí SQL dotazů. Veškeré další operace s těmito daty jsem prováděl ve vestavěném SŘBD programu ArcMap. Důvodem je nízký objem dat, které mám k dispozici. V ArcMapu se pak většina těchto dat uchovává v jedné tabulce, která má vztah k namodelovaným objektům. V následujícím odstavci uvedu model databázové struktury, která by vyhovovala užití s větším objemem dat a použitím externího DB nástroje.

Model DB struktury

Základní informace, které uživatel potřebuje ke správné identifikaci pole, je jeho název (vžitě pojmenování, které mají většinou vztah k blízkému okolí místa) a výměra. Pro potřeby další práce je třeba atributu hospodář, který jednoznačně odlišuje polnosti ve správě společnosti od polností, které do její správy nepatří. Další záznamy jsou uchovány v DB odděleně v jiných tabulkách připojených dle primárního klíče (ID polygonu). Jde o záznamy plodin, výnosů a nákladů na zasetí a zisku z prodeje plodiny. Atribut času se v tomto projektu ukládá do tabulky záznamů o výnosech plodin. Schéma navržené databáze znázorňuje obrázek číslo 19 níže.



Obrázek 19 – Schéma DB modelu; Zdroj: Vlastní zpracování

Tabulky

V programu ArcMap je DB struktura realizována relačně – jednotlivé relace jsou reprezentovány pomocí tabulek propojených přes primární a cizí klíč. V případě potřeby uchování většího počtu záznamů a potřeby jejich zpracování by se nabízelo použití objektově orientovaného modelu.

K získání atributů z cizích tabulek jsem využil funkci MS Acces pro uložení dat do souboru dBASE (.dbf), či XLS a následnou vazbu jsem realizoval pomocí funkce „join table“, či „relate table“ v ArcMap.

Výsledkem je jedna tabulka, obsahující sloupce propojené z externích zdrojů. Některé atributy jsou zadané uživatelem (název pole), jiné jsou propojeny z vedlejších tabulek (plodina, výnos) a některé atributy dopočítá ArcMap pomocí prostorových funkcí (výměra). Náhled do relačních tabulek s vyplněnými daty nabízejí tabulky níže.

Záznamy pole

Základní vrstvu tvoří množina tvarů odpovídající stávajícímu rozložení polností v okolí Horoměřic. Tyto tvary (pole) si v základu nesou jen atributy FID, Shapefile, Výměra (spočítaná funkcí „Calculate geometry“ v ArcMap), a ID hospodáře. Další informace jsou připojené pomocí jednoznačných identifikátorů. V tabulce č. 4 můžeme vidět základní atributy pole a připojené sloupce z tabulky Hospodář.

*Tabulka 4 - Ukázka relační tabulky (Attribute table) pro vrstvu POLE z programu ArcMap;
Zdroj: Vlastní zpracování*

FID	Shapefile	Název	ID_Hospoda	Výměra	Hospodář
0	Polygon	Sanatorium	2B	183	Kočař
1	Polygon	Myslivci	5E	6	Myslivci
2	Polygon	Výsek	2B	9	Kočař
3	Polygon	U Vojáků	2B	78	Kočař
4	Polygon	Kozí Hřbety	2B	36	Kočař
5	Polygon	Zemědělnka	4D	150	CZU
6	Polygon	Vodárna	2B	128	Kočař
7	Polygon	Hlásek	2B	101	Kočař
8	Polygon	Fotbalák	3C	6	Bělohradský
9	Polygon	malý prasečák	3C	2	Bělohradský
10	Polygon	na pohádce	3C	15	Bělohradský
11	Polygon	Velká pohádka	3C	30	Bělohradský

12	Polygon	Na Šárce	3C	25	Bělohradský
13	Polygon	malá Pohádka	6F	4	Klouda
14	Polygon	Černý vůl	2B	68	Kočař
15	Polygon	Za Horoměřicema	1A	79	Agrivep
16	Polygon	U Voříšků	1A	68	Agrivep
17	Polygon	Blažková horní	1A	25	Agrivep
18	Polygon	Blažková spodní	1A	35	Agrivep
19	Polygon	Lysolaje	1A	11	Agrivep
20	Polygon	Sedmý kilometr	1A	124	Agrivep
21	Polygon	Vodárna	1A	26	Agrivep
22	Polygon	Vysoká škola	1A	11	Agrivep
23	Polygon	Za Vojákama	1A	105	Agrivep
24	Polygon	Za parkem	1A	12	Agrivep
25	Polygon	Bytovky	1A	14	Agrivep
26	Polygon	Kozinky	1A	12	Agrivep
27	Polygon	Zahrada	1A	8	Agrivep
28	Polygon	Nad volem	1A	12	Agrivep
29	Polygon	Za Humny	1A	82	Agrivep
30	Polygon	K Lesu	1A	230	Agrivep
31	Polygon	Malá kopanina	1A	142	Agrivep
32	Polygon	U akcízu	1A	41	Agrivep
33	Polygon	Myslivecký lán	1A	28	Agrivep
34	Polygon	K Nebušicům	1A	56	Agrivep
35	Polygon	Velká Kopanina	1A	202	Agrivep
36	Polygon	U Letiště	1A	58	Agrivep
37	Polygon	K pohádce	1A	16	Agrivep
38	Polygon	Za Kopaninou	1A	26	Agrivep
39	Polygon	Zahrádky	1A	6	Agrivep
40	Polygon	K Suchdolu	1A	89	Agrivep
41	Polygon	K Úněticím	1A	74	Agrivep
42	Polygon	U Lidlu	1A	29	Agrivep
43	Polygon	Nad Úněticemi	1A	7	Agrivep
44	Polygon	Nad Úněticemi 2	1A	100	Agrivep
45	Polygon	Nad Potokem	1A	28	Agrivep
46	Polygon	Vršky 1	1A	3	Agrivep
47	Polygon	Vršky 2	1A	3	Agrivep
48	Polygon	Nad potokem	1A	7	Agrivep
49	Polygon	Nad Sípkou	1A	14	Agrivep
50	Polygon	Nad Sípkou 2	1A	11	Agrivep
51	Polygon	pod Sípkou	1A	4	Agrivep
52	Polygon	Pod střelnicí	1A	5	Agrivep
53	Polygon	Únětický vrch	1A	24	Agrivep
54	Polygon	Malé Rostoky	1A	84	Agrivep
55	Polygon	Holý Vrch	1A	151	Agrivep

56	Polygon	Střelnice	1A	35	Agrivep
57	Polygon	Roztoky	1A	46	Agrivep
58	Polygon	U pohádky	1A	115	Agrivep
59	Polygon	Zahrádky u Letiště	3C	27	Bělohradský
60	Polygon	Prasečák		2	

Evidence hospodářů

Jde o tabulku (č. 6), v níž jsou uvedeny informace vztahující se na konkrétního hospodáře. Pro účely projektu nám postačí evidence jména – dalšími údaji, které se dají u hospodáře uvádět, může být například adresa sídla, kontaktní osoba, IČ atp.

*Tabulka 5 - Tabulka záznamů pro evidenci hospodářů
Zdroj: Vlastní zpracování*

Hospodar_ID	Jmeno
1A	AgriVep
2B	Kočář
3C	Bělohradský
4D	ČZU
5E	Myslivci
6F	Klouda

Evidence plodin

V této evidenci nalezneme seznam plodin, které podnik pěstuje (resp. Mohou se objevit v záznamech o evidenci výnosů). V tabulce je uveden název plodiny, jednoznačný identifikátor, spotřeba osetí, nákladová cena osetí a prodejní cena plodiny na trhu (způsob kalkulace cen vysvětluje kapitola 4.3).

*Tabulka 6 - Tabulka záznamů pro evidenci plodin a jejich cen
Zdroj: Vlastní zpracování*

Plodina_ID	Nazev	Spotreba	Cena_P	Cena_N
P01	Ječmen	200	3500	14400
P02	Pšenice	220	3200	11840
P03	Řepka	650000	8700	25230
P04	Cukrovka	100000	700	45500

Evidence výnosů

Pro potřeby každoroční evidence skutečných výnosů z jednotlivých polností je v DB založena tabulka, jejíž záznamy obsahují jedinečné číslo záznamu (složené z roku a ID pole), ID pole, ID plodiny, výnosů (celkové výnosy z konkrétního pole uvedené v tunách) a roku, pro který se záznamy evidují. Nad touto tabulkou jsou vznášeny dotazy při tvorbě podkladů jednotlivých vrstev konkrétních let.

*Tabulka 7 - Tabulka záznamů pro evidenci výnosů v jednotlivých letech
Zdroj: Vlastní zpracování*

Evidence_ID	Rok	Pole_ID	Plodina_ID	Vynos
152015	2015	15	P01	403
152016	2016	15	P04	5246
152017	2017	15	P02	456
162015	2015	16	P01	407
162016	2016	16	P04	4360
162017	2017	16	P01	398
172015	2015	17	P02	152
172016	2016	17	P02	136
172017	2017	17	P03	64
182015	2015	18	P02	202
182016	2016	18	P02	180
182017	2017	18	P02	180
192015	2015	19	P03	31
192016	2016	19	P02	65
192017	2017	19	P02	65
202015	2015	20	P01	725
202016	2016	20	P02	769
202017	2017	20	P03	351
212015	2015	21	P01	136
252015	2015	25	P01	77
252016	2016	25	P02	76
252017	2017	25	P01	73
262015	2015	26	P02	69

Tabulka vrstvy - rok

Pro zobrazení dat o stavu pole v konkrétním roce, je třeba vytvořit vrstvu pro daný rok (uživatel může přepínat mezi vrstvami – popsáno v kapitole 4.1 Vrstvy). Podklady k takové vrstvě vzniknou SQL dotazem, který využije údajů z tabulek pole, hospodář a evidence (souhrnný dotaz blíže popsán v kapitole 44). Po odeslání dotazu na DB vznikne samostatná vrstva obsahující potřebné údaje (viz. tabulka č. 8 níže) k zobrazení v aplikaci na webu.

Tabulka 8 - tabulka záznamů pro vrstvu pole 2016

Zdroj: Vlastní zpracování

Pole_ID	Název pole	Výměra [Ha]	Plodina	Výnos [t]	Cena osetí [CZK]	Zisky [CZK]
15	Za Horoměřicema	79	Cukrovka	5246	450300	3672200
16	U Voříšků	68	Cukrovka	4360	387600	3052000
17	Blažková horní	25	Pšenice	136	92500	435200
18	Blažková spodní	35	Pšenice	180	129500	576000
19	Lysolaje	11	Pšenice	65	40700	208000
20	Sedmý kilometr	124	Pšenice	769	458800	2460800
21	Vodárna	26	Řepka	74	41600	643800
22	Vysoká škola	11	Pšenice	59	40700	188800
23	Za Vojákama	105	Pšenice	640	388500	2048000
24	Za parkem	12	Řepka	40	19200	348000
25	Bytovky	14	Pšenice	76	51800	243200
26	Kozinky	12	Pšenice	62	44400	198400
27	Zahrada	8	Řepka	25	12800	217500
28	Nad volem	12	Pšenice	74	44400	236800
29	Za Humny	82	Pšenice	483	303400	1545600
30	K Lesu	230	Pšenice	1426	851000	4563200
31	Malá kopanina	142	Řepka	420	227200	3654000

4.2 Aplikace web-GIS

V dnešní době se uživatelé nabízejí zejména dvě možnosti dostupnosti geografických dat – prostřednictvím specializované aplikace, nebo přes webové rozhraní. Oblast webových aplikací je dnes nejdůležitějším prostředkem využití GIS aplikací. Výhodou využití webového rozhraní je zejména možnost přístupu ke geografickým informacím z libovolné platformy a modularita webových služeb, která umožňuje jednoduše šířit a tvořit specializované GIS služby aplikace a vázat je na řadu dalších již existujících webových aplikací. Díky tomu je možno geografická data snadno šířit v žádoucí podobě velké skupině uživatelů, a to bez zvláštních požadavků na hardware a software těchto uživatelů [26].

Webové aplikace využívají GIS servery, na kterých v pozadí běží specializovaný databázový systém. Jedná se o relační, či objektově orientovanou databázi. Publikaci dat pak zajišťují služby WMS (Web Map Service), či WFS (Web Feature Service) vyvinuté OGC (Open Geospatial Consortium) [27].

Mapové prohlížecké služby

Takzvané „prohlížecké služby“ umožňují zobrazovat geografická data formou on-line mapových výstupů. Mapové služby jsou vytvářeny prostřednictvím mapového serveru, což je v podstatě specializovaný software, který zajišťuje komunikaci (architektura klient/server) mezi "běžným" webovým serverem a databází s prostorovými daty. Co se však přesně odehrává, pokud chce internetový uživatel konkrétní mapu, je popsáno v následujících krocích:

- a. uživatel v internetovém prohlížeči definuje zájmovou oblast (extent - rozsah mapy), požadované vrstvy (soubory dat), případně rozměry, rozlišení a formát výsledné mapy.
- b. Internetový prohlížeč (klient) odesílá požadavek prostřednictvím protokolu HTTP (HyperText Transfer Protocol) webovému serveru (např. MS IIS, Apache).

- c. Požadavek je následně předán mapovému serveru, který se dále dotazuje do databáze a získaná data posílá zpět webovému serveru, který je zobrazí v klientské aplikaci.

Výsledkem může být vygenerovaný rastrový obrázek, text nebo samotná geodata.

Komunikace klienta a serveru probíhá pokaždé, když se uživatel pohybuje v mapě (dochází ke změně extentu) nebo využívá nějaký z nabízených interaktivních nástrojů (například vyhledávání adresy nebo trasy, zobrazení vlastností vybraného objektu).

Rozlišujeme několik typů webových služeb v závislosti na tom, co chceme uživateli poskytnout [27]:

WMS - Web Map Service je základní službou, která uživateli vrátí vždy mapovou kompozici v podobě rastru.

WFS - Web Feature Service na rozdíl od WMS neposkytuje pouze rastrový obraz, ale umožňuje s daty následnou manipulaci - data jsou uživateli předávána formou objektů.

WCS - Web Coverage Service podporuje získání prostorových dat popisujících v čase nebo prostoru proměnlivé objekty.

Architektura web-GIS

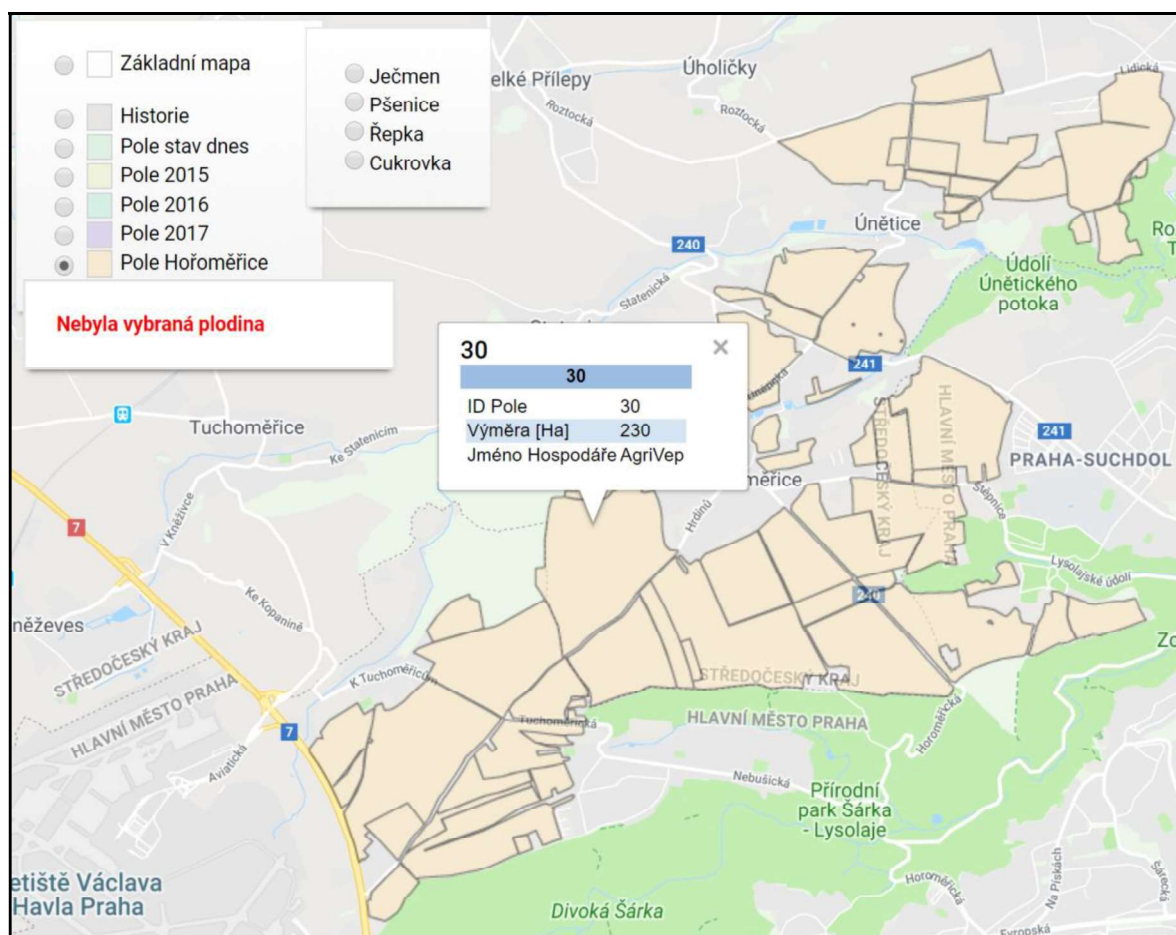
Historicky navržená architektura pracuje s myšlenkou, že všechny operace realizuje jeden software. Jak popisuje J. Konopásek (2017) ve své práci, realita je dnes jinde. J. Konopásek (2017) uvádí tři možné kategorizace webových GISŮ:

- Web-GIS s GIS serverem
- Web-GIS bez GIS serveru
- Kombinace

V této práci se vyskytuje užití, které koresponduje s vlastnostmi třetí kategorie – kombinací obojího. Struktura navrhovaného řešení obsahuje samotnou GIS aplikaci, samostatné DB a Java aplikaci.

4.2.1 Základní zobrazení

Po přihlášení na webový portál se uživatelí načte mapa jeho zájmového území s postranním panelem, ve kterém lze přepínat jednotlivé vrstvy. Výchozí vrstvou je vrstva „Pole Horoměřice“, která obsahuje polnosti v okolí obce Horoměřice a zobrazuje základní atributy – výměru pole a jméno hospodáře. Tato vrstva slouží k základní orientaci a dá se považovat za vrstvu otevřenou, resp. veřejnou. Může sloužit jako prezentace na webových stránkách podniku (viz. obrázek číslo 20 níže).

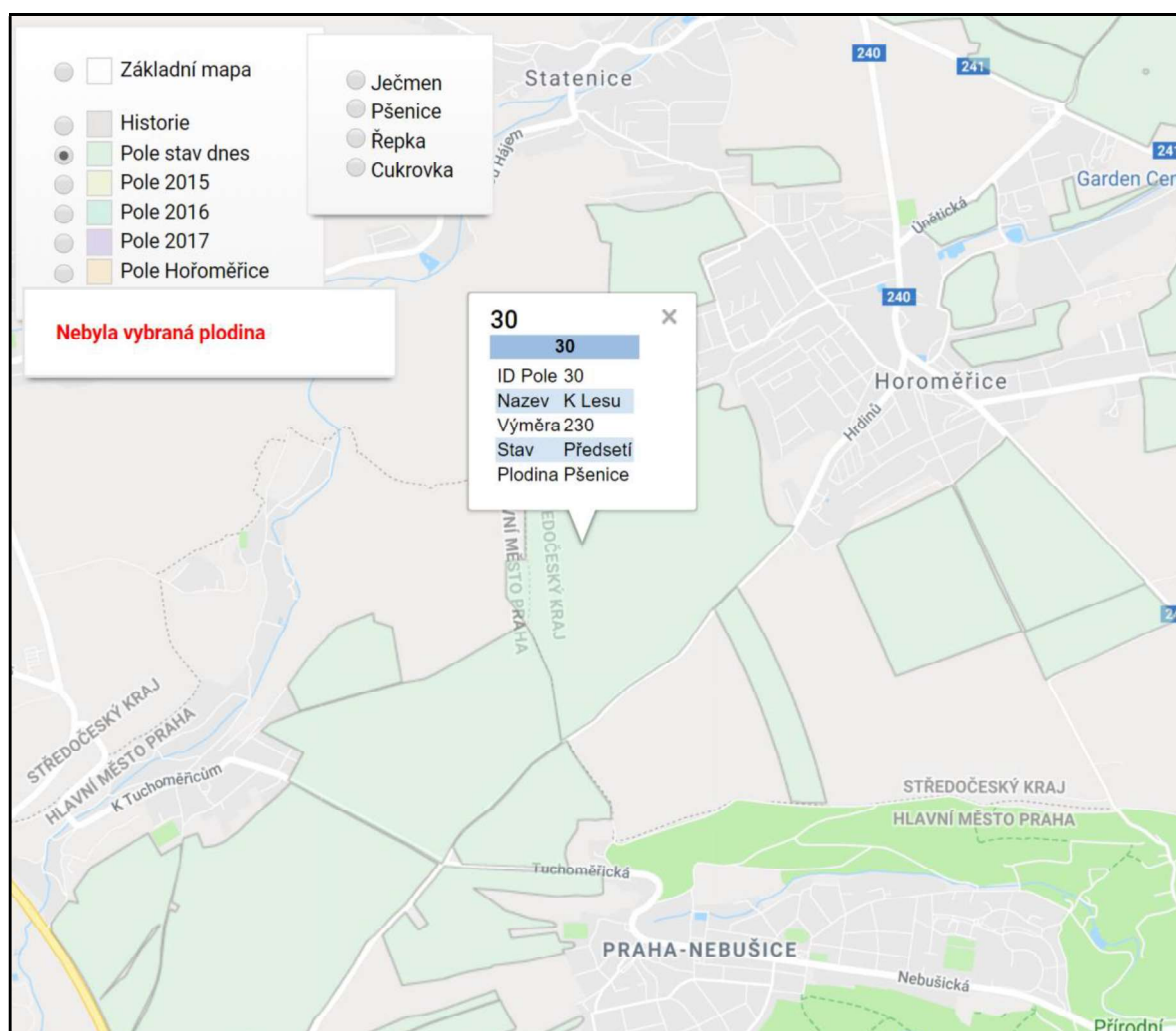


Obrázek 20 - Ukázka základní vrstvy "pole Horoměřice" přes webový portál

Zdroj: Vlastní zpracování

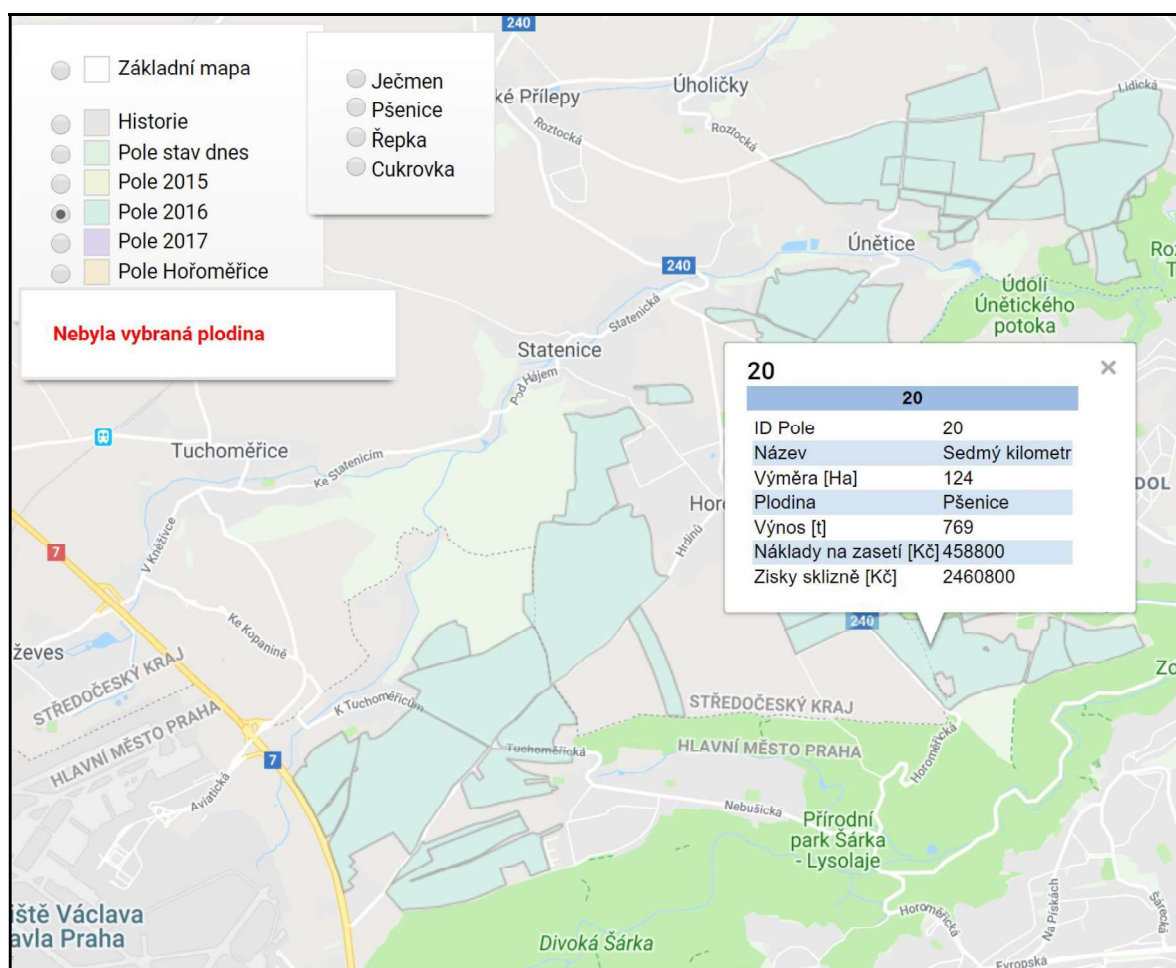
V levém horním rohu můžeme vidět seznam vrstev, které má na webovém portálu uživatel k dispozici. Seznam odpovídá vytvořeným vrstvám v programu ArcMap (popsaných v kapitole 4.1 – vrstvy).

Důležitou vrstvou pro sledování aktuálního stavu je vrstva „Aktuální stav“. Tato vrstva již reflektuje požadavky uživatele na zobrazení svých polností a aktuálního stavu, ve kterém se nacházejí. V tuto chvíli jsou pro uživatele rozhodující zcela jiné atributy – zejména název pole, výměra, stav pracovního postupu, či zvolená plodina pro osev. Na ukázce obrázku číslo 19 již vidíme polnosti pouze ve správě Agrivepu a potřebné informace vybraného pole.



Obrázek 21 - Ukázka přepínání vrstev, vrstva "aktuální stav"
Zdroj: Vlastní zpracování

Další vrstvy, které má uživatel k dispozici, jsou vrstvy pro zobrazení stavu polností v nedávné minulosti. V časovém horizontu tří let dovolují tyto vrstvy uživateli vizuálně rozpoznat, k jakým změnám v rozložení spravovaných polností došlo, popřípadě zobrazují k jednotlivým polím základní informace o plodině a výnosech (viz. obrázek číslo 22).



Obrázek 22 - Ukázka přepínání vrstev, vrstva "Pole 2016"

Zdroj: Vlastní zpracování

Zobrazení informací o zaseté plodině v delším časovém horizontu souhrnně zobrazuje vrstva „Historie“, ve které je pro každé pole uvedena pěstovaná plodina v konkrétním roce. Z podniku se mi podařilo získat záznamy od roku 2010 zobrazené v tabulce č. 3 níže. Vrstva čerpá z rozložení vrstvy aktuálního stavu a pole, které společnost spravuje až v posledních letech, mají sloupce pro předchozí roky prázdné.

Tabulka 9 – Atributy vybraného pole zobrazované vrstvou "Historie", Zdroj: Vlastní zpracování

Název pole	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016
Za Horoměřicema							Cukrovka
U Voříšků						Ječmen	Cukrovka
Blažková horní	Řepka	Pšenice	Ječmen	Řepka	Pšenice	Pšenice	Pšenice
Blažková spodní	Pšenice	Řepka	Pšenice	Řepka	Řepka	Pšenice	Pšenice
Lysolaje	Řepka	Pšenice	Řepka	Ječmen	Pšenice	Řepka	Pšenice
Sedmý kilometr	Ječmen	Pšenice	Řepka	Pšenice	Pšenice	Ječmen	Pšenice
Vodárna	Řepka	Ječmen	Pšenice	Řepka	Ječmen	Ječmen	Řepka
Vysoká škola	Ječmen	Řepka	Pšenice	Pšenice	Řepka	Pšenice	Pšenice
Za Vojákama	Pšenice	Řepka	Pšenice	Pšenice	Řepka	Ječmen	Pšenice
Za parkem	Řepka	Řepka	Pšenice	Ječmen	Pšenice	Řepka	Řepka
Bytovky	Pšenice	Pšenice	Řepka	Řepka	Pšenice	Ječmen	Pšenice
Kozinky	Pšenice	Ječmen	Pšenice	Řepka	Cukrovka	Pšenice	Pšenice
Zahrada	Ječmen	Pšenice	Pšenice	Řepka	Pšenice	Řepka	Řepka
Nad volem	Řepka	Ječmen	Ječmen	Pšenice	Ječmen	Pšenice	Pšenice
Za Humny	Řepka	Ječmen	Řepka	Ječmen	Řepka	Pšenice	Pšenice
K Lesu	Řepka	Pšenice	Řepka	Pšenice	Řepka	Ječmen	Pšenice
Malá kopanina	Pšenice	Řepka	Řepka	Řepka	Pšenice	Řepka	Řepka
U akcízu	Ječmen	Pšenice	Pšenice	Cukrovka	Ječmen	Řepka	Ječmen
Myslivecký lán	Pšenice	Řepka	Ječmen	Ječmen	Pšenice	Pšenice	Pšenice
K Nebušicům	Cukrovka	Řepka	Pšenice	Pšenice	Řepka	Pšenice	Pšenice
Velká Kopanina	Ječmen	Řepka	Ječmen	Řepka	Řepka	Cukrovka	Pšenice
U Letiště	Pšenice	Pšenice	Ječmen	Pšenice	Ječmen	Pšenice	Pšenice
K pohádce	Řepka	Řepka	Pšenice	Pšenice	Pšenice	Ječmen	Řepka
Za Kopaninou zahrádky	Pšenice	Pšenice	Cukrovka	Ječmen	Řepka	Řepka	Pšenice
K Suchdolu	Řepka	Ječmen	Pšenice	Řepka	Pšenice	Pšenice	Ječmen
K Úněticím	Pšenice	Řepka	Řepka	Řepka	Ječmen	Ječmen	Ječmen
U Lidlu	Ječmen	Cukrovka	Pšenice	Pšenice	Řepka	Pšenice	Pšenice
Nad Úněticemi	Řepka	Řepka	Pšenice	Ječmen	Řepka	Řepka	Řepka

4.3 Způsob přenosu dat

Pro přenos geografických dat jsem zvolil formát souborů KML (Keyhole Markup Language) z důvodu podpory ze strany Google, který jej má dobře zdokumentovaný. KML

se dá s výhodou použít k přenosu dat mezi různými geo-software, a protože jde o obyčejné XML soubory s nepříliš složitou strukturou, dají se i ručně upravovat.

KML je jazyk XML zaměřený na geografickou vizualizaci dat včetně anotace mapa obrázků. Je doplňkem většiny klíčových standardů OGC včetně GML (Geography Markup Language), WFS, či WMS [28]. Momentálně využívá KML tyto geometrické prvky – bod, řádek, lineární kroužek a mnohoúhelník. Zobrazení KML souboru na Google Maps je poměrně jednoduché: URL souboru vložíme do vyhledávacího políčka a Google Maps zobrazí obsah. V této práci využívám vlastní server, kde Google mapu referencuji přes rozhraní API. Soubor KML je načten do objektu GGeoXml a přidán do mapy jako „overlay“.

Stránka s mapou a menu

Po zadání adresy se uživateli načte webová stránka se základní mapou a s postranním menu, které obsahuje jednotlivé vrstvy). Kód stránky vychází z jazyku HTML 5 a načtení mapy z Googlu načítá Java script pomocí API rozhraní (na obrázku č. 23 níže).

```
<!DOCTYPE html>
<html>
  <head>
    <title>GIS</title>

    <meta charset="utf-8">
    <meta name="viewport" content="initial-scale=1.0, user-scalable=no" />

    <link href="css/style.css" rel="stylesheet" type="text/css" />
  </head>

  <body>
    <div id="controls" class="box">
      <form id="controlsForm">
        <input type="radio" name="legend" value="base" class="radioButton" /><label class="base">Základní map
        <input type="radio" name="legend" value="Historie.kml" class="radioButton" /><label class="field-his
        <input type="radio" name="legend" value="Pole_Stav_Dnes.kml" class="radioButton" /><label class="fie
        <input type="radio" name="legend" value="Pole_2015a.kml" class="radioButton" /><label class="field-20
        <input type="radio" name="legend" value="Pole_2016.kml" class="radioButton" /><label class="field-20
        <input type="radio" name="legend" value="Pole_2017.kml" class="radioButton" /><label class="field-20
        <input type="radio" name="legend" value="Pole_Horomerice.kml" class="radioButton" /><label class="field-f
      </form>
    </div>

    <div id="map"></div>

    <script type="text/javascript" src="js/jquery-3.3.1.min.js"></script>
    <script async defer src="https://maps.googleapis.com/maps/api/js?key=XXXX&callback=initMap"></script>
    <script type="text/javascript" src="js/gdis.js"></script>
  </body>
</html>
```

Obrázek 23- HTML kód pro zobrazení základní stránky
Zdroj: Vlastní zpracování

Každá vrstva je v programu ArcMap vyexportována do souboru s příponou .kmz, který odpovídá notaci KML. Tento soubor je uložen na serveru a načítán odkazem, dle výběru požadované vrstvy uživatelem.

```
<!DOCTYPE html>
<html>
  <head>
    <title>KML</title>
    <link rel="stylesheet" href="https://openlayers.org/en/v4.6.5/css/ol.css" type="text/css">
    <!-- The line below is only needed for old environments like Internet Explorer and Android 4.x -->
    <script src="https://cdn.polyfill.io/v2/polyfill.min.js?features=requestAnimationFrame,Element.prototype.classList,URL"></script>
    <script src="https://openlayers.org/en/v4.6.5/build/ol.js"></script>
  </head>
  <body>
    <div id="map" class="map"></div>
    <div id="info">&nbsp;</div>
    <script>
      var projection = ol.proj.get('EPSG:3857');

      var raster = new ol.layer.Tile({
        source: new ol.source.BingMaps({
          imagerySet: 'Aerial',
          key: 'Your Bing Maps Key from http://www.bingmapsportal.com/ here'
        })
      });
```

Obrázek 24 - Ukázka struktury .kmz souboru
Zdroj: Vlastní zpracování

4.4 Návrh podpory rozhodnutí

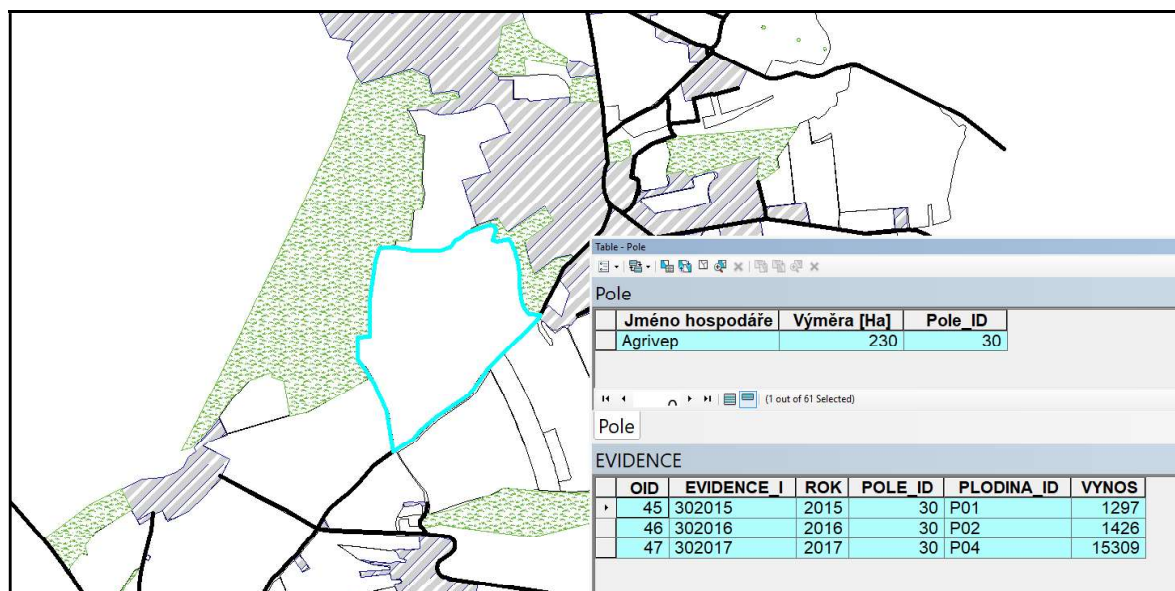
Nástroj podpory rozhodování je komponentou aplikace, která má cíl poskytnout uživateli podporu jeho rozhodování při tvorbě secího plánu pro další sezónu na základě dat, které jsou uloženy v databázi. Myšlenkou bylo vytvoření vrstvy, do které by se ukládaly atributy, dle rozhodnutí uživatele. Na začátku procesu rozhodnutí stojí prázdná databáze polností a proces její naplnění se dá shrnout do následujících bodů:

- Uživatel vybere pole, které chce osít,
- Systém informace o stavu pole a nabídne volbu plodiny,
- Uživatel vybere plodinu,
- Systém předá uživateli informace o celkových nákladech na zasetí plodiny a odhadovaných ziscích z prodeje.

Pokud chce uživatel zobrazení dalších alternativ – může změnit atributy vstupů a systém výstup přepočítá. Tento proces již není doménou programu ArcMap – ten pouze poskytuje potřebná data, požadavek na zpracování dat je plně v režii webového serveru.

4.4.1 Rozhodující kritéria

Rozhodujícím kritériem pro tvorbu osevních plánů je zejména proces správného hospodaření s půdou, tedy pravidelné střídání plodin v rámci pole. Tyto informace jsou v BD uloženy v tabulce evidence, kde jednotlivý záznam nese informace o sklizni pole v konkrétním roce. V programu ArcMap se tato informace nechá zobrazit připojením tabulky Evidence přes jednoznačný identifikátor pole (zobrazuje obrázek číslo 25).



Obrázek 25 - Zobrazení vazby mezi vrstvou pole a tabulkou evidence

Zdroj: Vlastní zpracování

Na webovém serveru tyto informace uchovává vrstva „Historie“, která zobrazuje informace o pěstované plodině v daném roce. Dalšími kritérii jsou bezpochyby náklady na osetí vybrané plodiny (počítány na jeden hektar), či zisky z prodeje (počítány z výnosů v tunách), které jsou vázány k průměrným výnosům na daném poli.

Dle metodiky kalkulací nákladů a výnosů v zemědělství (pro oblast rostlinné výroby) probíhá výpočet nákladů a výnosů s následujícími vstupy [29]:

Tabulka 10 - Položky kalkulačního vzorce – výpočet nákladů

Položky kalkulačního vzorce pro kalkulaci nákladů v rostlinné výrobě
<i>Nakoupená osiva a sadba, Vlastní osiva a sadba, Nakoupená hnojiva, Vlastní hnojiva, Prostředky ochrany rostlin, Ostatní přímý materiál, Ostatní přímé náklady a služby, Pracovní náklady celkem, Odpisy dlouhodobého nehmotného a hmotného majetku, Náklady pomocných činností, Výrobní režie, Správní režie</i>

Tabulka 11 - Položky kalkulačního vzorce - výpočet výnosů

Položky kalkulačního vzorce pro kalkulaci výnosů v rostlinné výrobě
<i>Tržby za hlavní výrobky, tržby za vedlejší výrobky, podpory a dotace, ostatní výnosy</i>

Pro účely této práce jsem zjistil současné průměrné náklady agropodniku na zasetí konkrétních plodin a jejich výnosy, které jsou zanesené v tabulce „plodina“ viz. tabulka níže. Ve sloupci C_vyseti_Ha je uložena aktuální nákladová cena osetí jednoho hektaru danou plodinou. Ve sloupci Cena_Prodej je uvedena stávající průměrná odkupní cena plodiny – pro zjednodušení výpočtů je přepočtena na cenu za hektarový výnos.

Tabulka 12 - Ukázka tabulky pro evidenci průměrných nákladů a zisků

ID_Plodiny	Nazev	C_vyseti_Ha	Cena_Prodej
P01	Ječmen	4200	14400
P02	Pšenice	3700	11840
P03	Řepka	1600	25230
P04	Cukrovka	5700	45500

Je třeba zmínit, že nákladové i prodejní ceny plodin jsou velmi pohyblivým faktorem, který bezprostředně ovlivňuje výsledné výpočty výnosů a plánovaných nákladů. V rámci rozšířeného užití by zde měl být zakomponován i faktor času, dle kterého se dají výpočty provést zpětně. V této práci není faktor času pro ceny zahrnut.

Dle evidovaných dat lze přistupovat k výpočtům realizovaným v této práci ve dvou různých rovinách – v první rovině používáme již známé hodnoty výnosů, naopak ve druhé se výsledné výnosy odhadují z průměrných výnosů za minulé období. Obě možnosti vycházejí z obecných vzorců:

$Náklady\ na\ zasetí\ plodiny = výměra\ pole * náklady\ na\ vysetí\ plodiny$

$Předpokládané\ zisky = výnos\ plodiny * prodejní\ cena\ plodiny$

4.4.2 Výpočet nákladů ze známých hodnot

Pro potřeby výpočtu nákladů zpětně – zejména pro vrstvy pole 2015 – 2017 využijeme již vytvořených DB tabulek a náklady vypočítáme pomocí SQL skriptu při vytváření tabulek následujícím způsobem:

$Náklady = pole.vymera * plodina.cena_N$

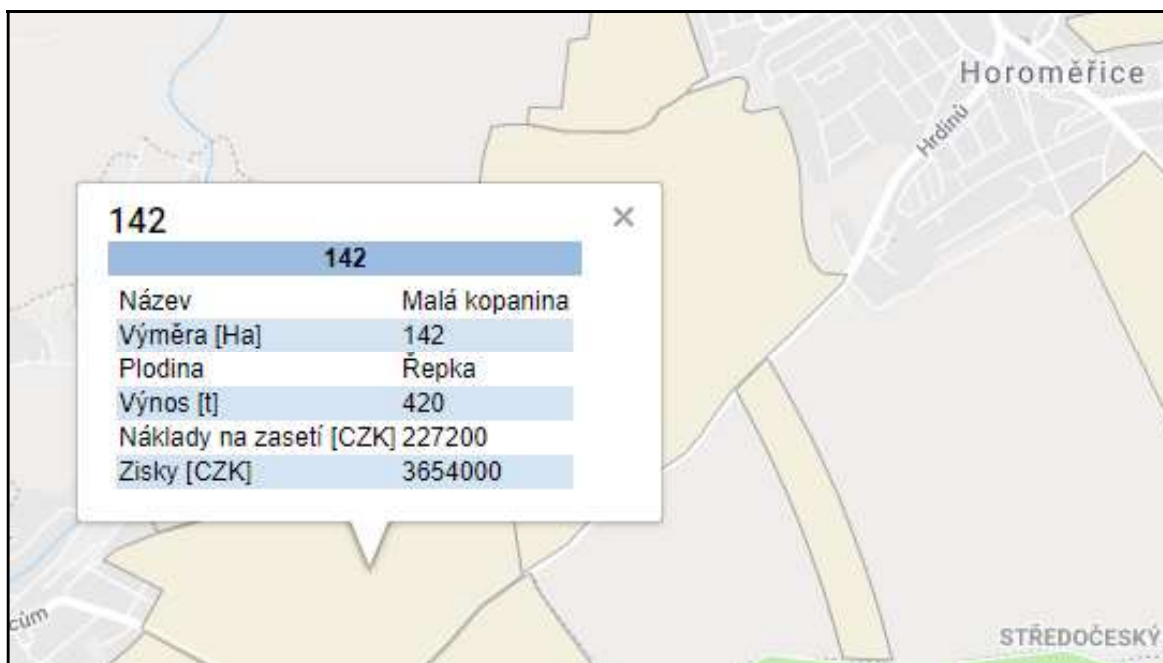
$Zisky = pole.vynos * plodina.cena_P$

Tento výpočet je pak realizován uvnitř dotazu pro vytvoření jedné z vrstev - konkrétně pro rok 2016m (viz obrázek č 26). Pro vytvoření tabulek k jednotlivým vrstvám jsem použil DB nástroje MS Access, ve kterém jsem realizoval DB model na začátku projektu. Níže uvádím příklad databázového dotazu, který naplní tabulku pole_2016. Vytvořená množina dat je poté zdrojem atributové tabulky pro stejnojmennou vrstvu v programu ArcMap. Atributy vrstvy jsou pak přenášeny na web-GIS pomocí souboru KML (viz. kapitola 4.3).

```
INSERT INTO Pole_2016 ( Pole_ID, Nazev_pole, Vymera_Ha, Plodina, Vynos_t, Naklady_seti_CZK, Zisky_sklizen_CZK )
SELECT Pole.Pole_ID, Pole.Nazev, Pole.Vymera, Plodina.Nazev, Evidence.Vynos,
(Pole.Vymera*Plodina.Cena_N) AS Naklad, (Evidence.Vynos*Plodina.Cena_P) AS Zisky
FROM (Pole LEFT JOIN Evidence ON Evidence.Pole_ID=Pole.Pole_ID)
LEFT JOIN Plodina ON Plodina.Plodina_ID=Evidence.Plodina_ID
WHERE EVIDENCE.Rok=2016;
```

Obrázek 26 - SQL dotaz na DB strukturu s výpočtem v MS Access; Zdroj: Vlastní zpracování

Výsledná tabulka Pole_2016 obsahuje vybrané záznamy, které jsou sloučeny z tabulek Evidence a Pole a také sloupce naplněné výslednou hodnotou realizovaného výpočtu (na obrázku 24 vyznačen žlutě). Záznamy se párují přes sloupec Pole_ID s omezující podmínkou na záznamy z roku 2016. Tato externí DB tabulka je pak pomocí vnitřní funkce „JOIN Table“ připojena k existující, doposud prázdné stejnojmenné vrstvě.



Obrázek 27 – Zobrazení výpočtu uživateli na webu; Zdroj: Vlastní zpracování

Na obrázku můžeme vidět zobrazení výpočtu uživateli přes webovou aplikaci po kliknutí na konkrétní pole. Výpočet je zaznamenán do vrstvy jako daný atribut konkrétního záznamu (pole), proto se data na vrstvě nezobrazují průřezově. Data byla na vrstvu zaznamenána v době, kdy mohli být ceny plodin různé od současných. Zobrazují se tak statické informace bez možnosti zobrazit jejich výši v konkrétním roce.

4.4.3 Výpočet pro plánování

V druhém případě jde o plánování osetí na příští sezónu. Pro tento případ nemáme k dispozici záznam o výnosech a zaseté plodině. Uživatel musí zvolit plodinu a vybrat pole – tím vznikne kombinace, ze které lze vyhotovit výpočet. Odhadovaný výnos se dopočítá z výnosů minulých let pro danou plodinu. Jako variabilní atribut vstupuje do výpočtu výnos, který počítán ze sloupce výnosy z tabulky Evidence a atribut výměry pole, který je odvislý od aktuálního tvaru evidovaného pole. Vzorec takového výpočtu vypadá následovně:

$$\text{Náklady} = \text{pole.výměra} * \text{plodina.cena}_N$$

$$\text{Zisky} = \text{pole.výměra} * \text{plodina.cena}_P$$

Tento výpočet je realizován na straně serveru, nikoliv v aplikaci ArcMap. Dle výběru uživatele vybere server potřebné záznamy z tabulek, či souborů KML, které dostal jako výstup z programu ArcMap. Po realizování výpočtu uloží výsledky zpět do souborů KML.

```
var map;
var url;
var kmzFileUrl;
var kmlLayer;

function initMap() {
    map = new google.maps.Map(document.getElementById('map'), {
        center: new google.maps.LatLng(50.1,14.50),
        zoom: 12
    });
}

function clearKmzData() {
    if(kmlLayer != undefined) {
        kmlLayer.setMap(null);
        kmlLayer = null;
    }
}

function loadKmzData(url) {
    clearKmzData();
    kmlLayer = new google.maps.KmlLayer({
        url: url,
        map: map,
        preserveViewport: false
    });
}

$(document).ready(function () {
    $('#controlsForm').on('click', function () {

        kmzFileUrl = $('[name=legend]:checked').val();

        if(kmzFileUrl == "clean") {
            clearKmzData();
        }
        else {
            url = ("http://gis.itnook.eu/data/"+kmzFileUrl);
            loadKmzData(url);
        }
    })
});
```

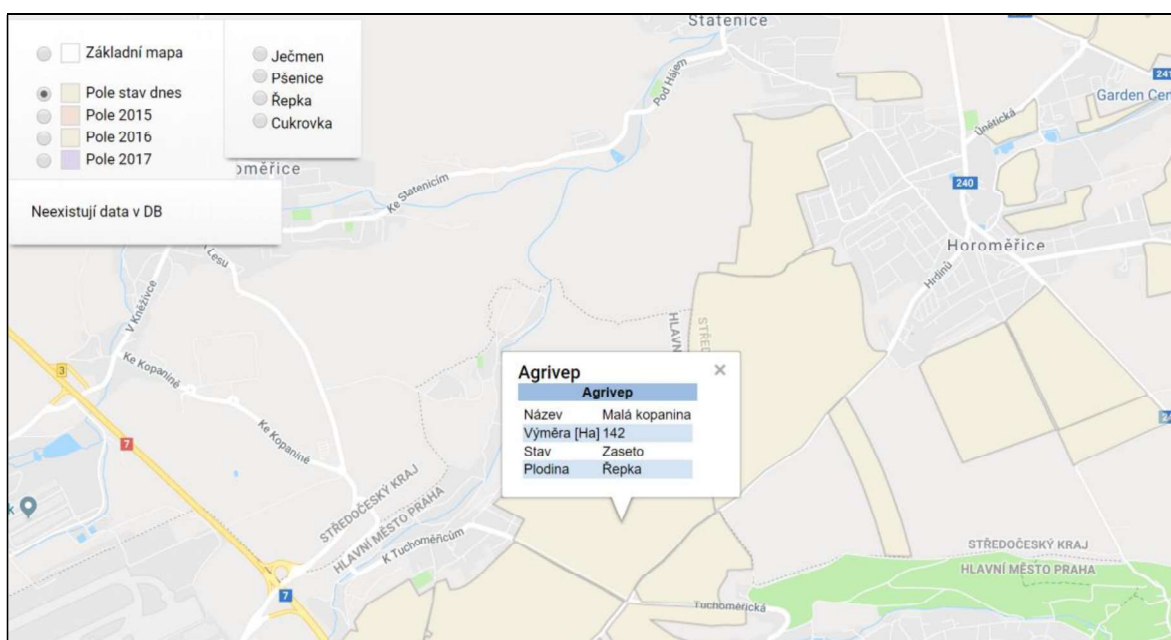
Obrázek 28 - Ukázka zdrojového java script pro práci s KMZ soubory
Zdroj: Vlastní zpracování

4.4.4 Zobrazení variant

Aplikace může pomoci uživateli plánovat osevňovací postupy na další sezónu. Uživatel může přes vrstvu „Pole – stav dnes“ realizovat výpočty nákladů a zisků, dle kterých se může rozhodnout jakou plodinu na vybraném poli osít další rok.

Postup, jak zobrazit výsledky:

1. Zobrazit vrstvu „Pole – stav dnes“
2. Vybrat plodinu, kterou plánují zasít
3. Vybrat konkrétní pole

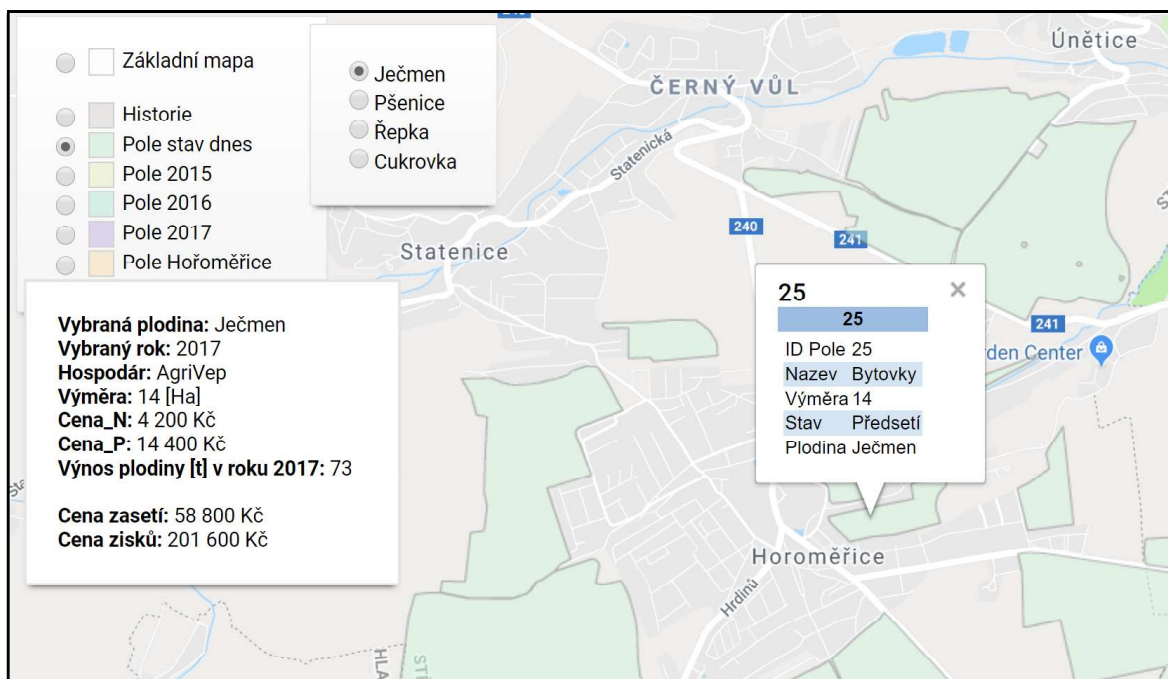


Obrázek 29 - Výběr vrstvy pole stav dnes, Zdroj: Vlastní zpracování

Po vybrání vrstvy „Pole – stav dnes“ dostane uživatel zpět informace o dané vrstvě (viz. obrázek 29), kde ještě není žádná další informace navíc. V tuto chvíli server očekává výběr plodiny, pro kterou se má provést výpočet (viz. kalkulační vzorce v kapitole 4.3)

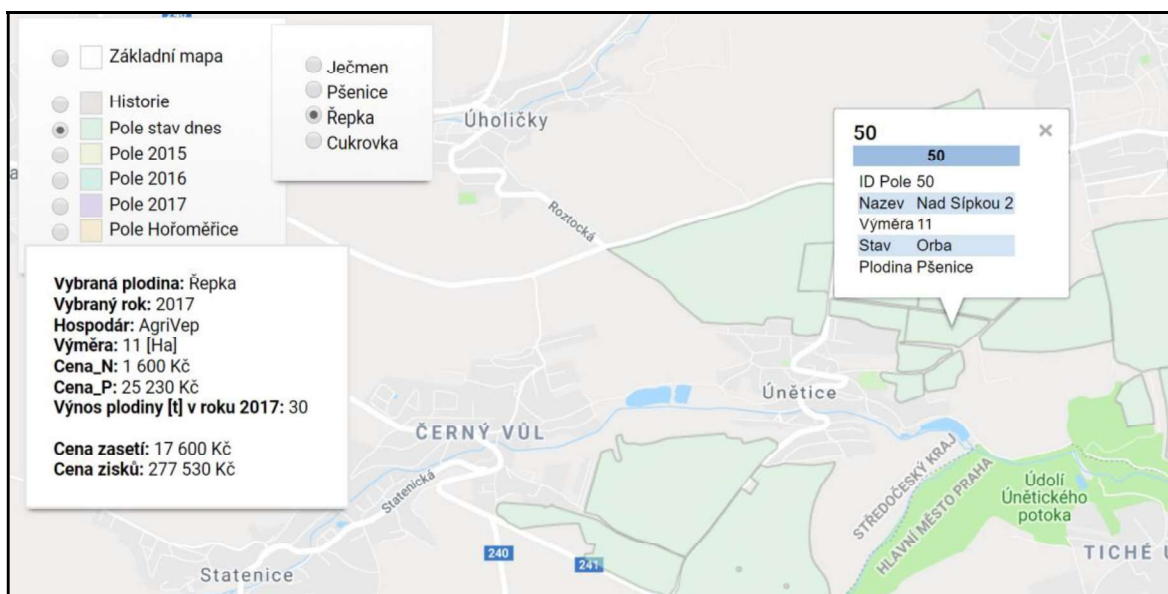
Webová aplikace je v rámci tvorby diplomové práce umístěna na veřejně dostupném serveru na adrese:

<http://gis.itnook.eu/>



Obrázek 30 - Zobrazení varianty pro osetí plodinou Ječmen
Zdroj: Vlastní zpracování

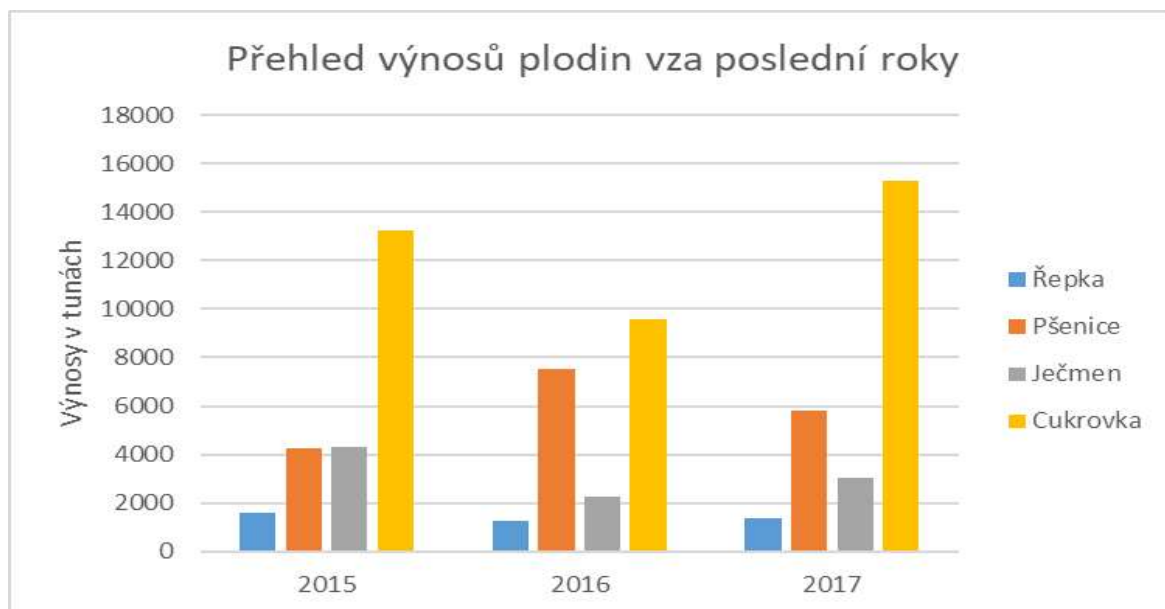
Pokud si uživatel zvolí plodinu, dostane zpět vypočtené náklady na zasetí a péči o vybranou plodinu, který odpovídá rozměrovým kritériím vybraného pole a aktuálních dostupných cenách za nákup a prodej zrna. Pokud bude uživatel chtít vidět rozdíl oproti ostatním plodinám – stačí když zvolí jinou plodinu (viz obrázek 31).



Obrázek 31 – Výběr jiné plodiny - pšenice

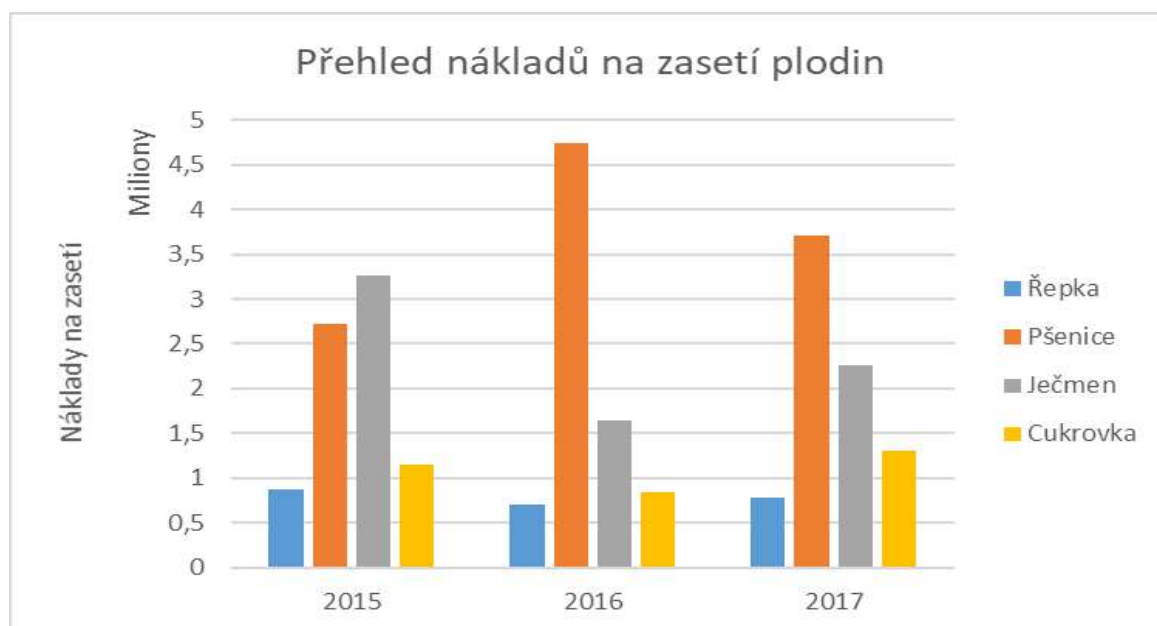
4.5 Přehledová statistika

Z hlediska využitelnosti dat, které jsou evidovány v programu, můžeme uživateli nabídnout základní přehledovou statistiku. Jako základní statistické ukazatele jsem zvolil celkové výnosy za poslední období rozdělené dle jednotlivých plodin, celkové náklady na zasetí plodin a celkové zisky z prodeje. Výsledné grafy zobrazují přehled za poslední roky hospodaření. Vzhledem k měnícím se nákupním a výkupním cenám nemá význam dávat do souvislosti data s velkým časovým rozdílem.



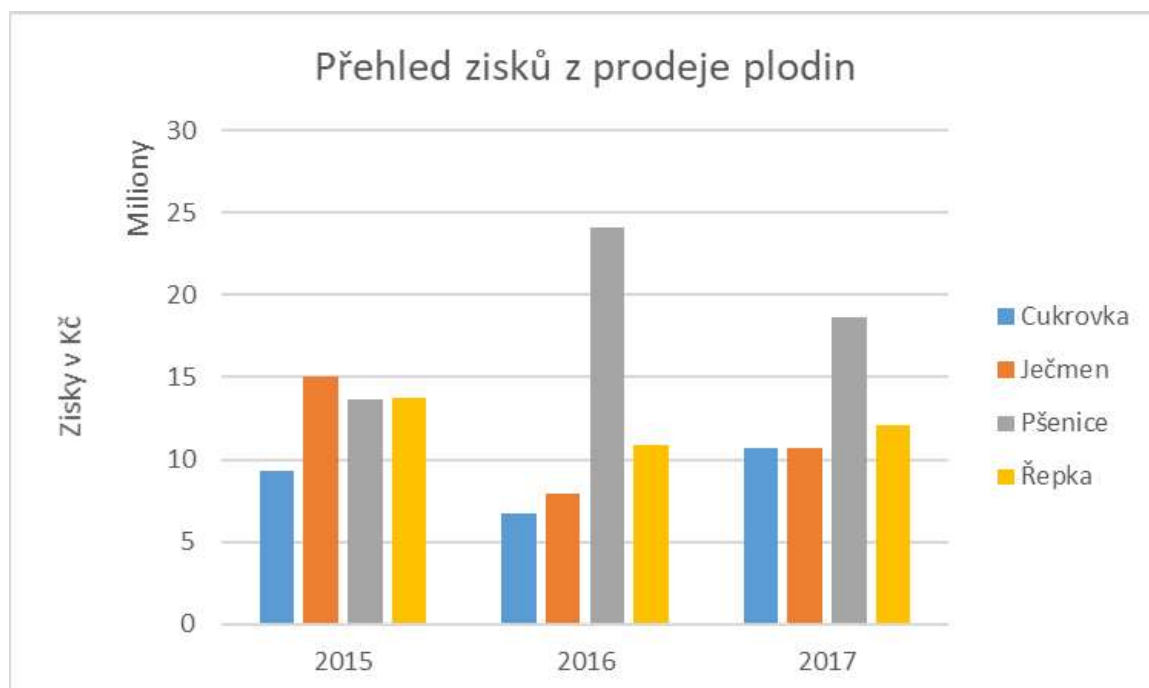
Obrázek 32 - Přehledový graf výnosů za poslední tři roky

Obrázek 29 popisuje kolísání výnosů mezi roky 2015 – 2017. Cukrová řepa je většinou seta pouze do výměry kolem 200 hektarů – na rozdíl od ostatních plodin, které mají výměru více než dvojnásobnou. Celkový přírůstek na hmotnost má ale největší.



Obrázek 33 – Přehledový graf nákladů na zasetí za poslední tři roky

Z grafu na obrázku 30 vyplívá, že největší náklady podnik musí vynaložit na přípravu a ošetřování řepky olejné. Plyne to z faktu, že řepka je velmi náchylná plodina a vzhledem k její výkupní ceně jsou odolné mořené odrůdy semen a chemické látky na její ošetřování velmi drahé. Z hlediska ziskovosti si řepka drží druhé místo (viz. obr. 31).



Obrázek 34 – Přehledový graf zisků z prodeje za poslední tři roky

5 Výsledky a diskuse

Výsledná aplikace zobrazuje uživateli stav jeho polností s možností zobrazení odhadu nákladů a zisků pro konkrétní pole na další hospodářskou sezónu. Navrhované řešení poskytuje základní strukturu fungování takového systému a dá se rozvíjet v mnoha dalších ohledech. Věřím, že jde o dobrý základ myšlenky, jak na trhu vybudovat systém pro podniky zabývající se rostlinnou výrobou a používající různé senzory na měření výnosů, stavu půdy, aplikace hnojit atp. Systémů na sledování takových dat existuje celá řada, ale fungují většinou izolovaně. Aplikace by se dala provozovat, jako cloudové řešení – každý uživatel by se pak hlásil do jednoho prostředí s oprávněním „vidět“ pouze svá data (své vrstvy polností).

Aplikace nabízí možnost, jak taková data sjednotit uvnitř jednoho systému a distribuovat je svým příjemcům pomocí moderních technologií, kterými jsou dnes například WebGIS. Tak, jak je realizována dnes, umí pouze zobrazit data a nenabízí nástroje na jejich správu. Potřeba zasáhnout do tvaru pole není sice tak běžná, ale občas může nastat. Například proto, že se změní majitel, či hospodář pole, nebo se část pole zastaví obytnou oblastí – další možné rozšíření se tak přímo nabízí.

Rozšířit aplikaci lze využitím dalších speciálních analytických funkcí GIS, například frekvenční analýzu snímků DPZ (dnes již snímky z dronů) a zapojení do procesu rozhodování i stav eroze půdy. Popřípadě využít metodu pro vzdálenosti vrstev a zohlednit v procesu rozhodování i náklady na dopravu plodiny z pole do skladu (nejbližší sklad) sestavením metod optimalizačních dopravních úloh.

6 Závěr

Využívání webových GIS je v dnešní době velice populární a rozšířené. Navíc nevyžaduje pořízení specifického software, a proto lze tvrdit, že jde o finančně nenákladné řešení. Navrhovaná aplikace zcela reflektuje tento trend a přináší uživatelům možnost, jak uchovat a správně zobrazit data o svém hospodaření. Tomu napomáhá i fakt, že tyto informace lze zobrazit kdykoliv a odkudkoliv.

Aplikace, kterou jsem vyvíjel s přispěním cenných poznatků z reálného provozu agropodniku, přináší možnost uživateli, zejména agronomovi zobrazit historický i aktuální stav obhospodařovaných polností a zároveň dokáže pomoci při plánování osevních postupů pro nadcházející hospodářskou sezónu. Uživatel vybere pole zájmu a plodinu, jejíž náklady na zasetí chce zobrazit. Následně aplikace provede výpočet a uživatel dostane přehled nákladů a zisků odvíjejících se od průměrných cen a výnosů. Pokud se uživatel rozhodne zobrazit jinou alternativu, může svůj výběr změnit a tím dojde k přepočítání a zobrazení jiné alternativy. Seznam možných alternativ je konečný a odpovídá počtu plodin, které agropodnik vysévá. Aplikace poskytuje formu pasivního systému pro podporu rozhodování, který zobrazuje alternativy na základě uživatelského výběru. Na rozdíl od plně autonomního systému, který by dokázal rozhodnout bez zásahu uživatele. Ve výsledku lze namodelovat i takový systém, jelikož dat, které lze získat o rostlinné produkci použitím různých systémů existuje celá řada. Systém by se dokázal rozhodnout zejména na základě informací o historii zasetých plodin, stavu půdy, rozměrů pole a dalších zásadních informací.

Výhodou využití navržené aplikace je fakt, že agropodnik nepotřebuje žádný speciální nástroj na správu svých dat a zároveň není třeba nákladně školit uživatele na jeho využívání, jelikož veškerá komunikace probíhá přes internetový prohlížeč. Řešení je konstruováno tak, aby vyhovovalo potřebám obecného užití a mohlo by si najít využití v oblasti kolekce dat z různých již fungujících systémů v zemědělství.

7 Seznam použitých zdrojů

- [1] NOVÁK, Radek. Měsíčník EU aktualit [online]. 2017, 2017(158) [cit. 2018-03-28]. ISSN 1801-5034. Dostupné z: https://www.csas.cz/static_internet/cs/Evropska_unie/Mesicnik_EU_aktualit/Mesicnik_EU_aktualit/Prilohy/mesicnik_2016_11.pdf
- [2] KOLÁŘ, Jan. Geografické informační systémy 10. 2., přeprac. vyd. Praha: Vydavatelství ČVUT, 2003. ISBN 80-01-02687-6
- [3] KOVAŘÍK, J., DVOŘÁK K. Kartografie. Praha: Státní nakladatelství technické literatury, 1964. 384 s.
- [4] DRÁPELA, Milan Václav, Zbyšek PODHRÁZSKÝ, Zdeněk STACHOŇ a Kateřina TAJOVSKÁ. Dějiny kartografie - multimediální on-line učebnice. Brno: Geografický ústav PřF MU Brno, 2006. 50 s. www.geogr.muni.cz/dejiny/ucebnice/.
- [5] NOVÁK, Václav a Zdeněk MURDYCH. Kartografie a topografie. Vyd. 1. Praha: Státní pedagogické nakladatelství, 1988. Učebnice pro vysoké školy (Státní pedagogické nakladatelství).
- [6] ČSN 73 0406, Názvosloví v geodézii a kartografii, 1989
- [7] Multilingual Dictionary of Technical Terms in Cartography - [Mnohojazyčný výkladový slovník technických termínů v kartografii], Mezinárodní kartografická asociace ICA, Wiesbaden, 1973
- [8] Ing. Jiří Cajthaml, Ph.D. Mapování a kartografie [online prezentace]. Praha ČVUT, Fakulta stavební. [cit. 2018-02-15]. Dostupné z: http://maps.fsv.cvut.cz/~cajthaml/vyuka/kar1/prednasky/KAR1_pr9.pdf
- [9] CIBULKA, Miloš Ing. Digitální kartografie. [online prezentace]. Brno: Mendelova univerzita v Brně, 2014 [cit. 2018-03-28]. Dostupné z: http://um.mendelu.cz/akademie/predmety/30/download/52_DIKA_PREDN_1.pdf
- [10] TANDY, Jeremy a Linda van den BRINK. Spatial Data on the Web Best Practices. W3 [online]. .: OGC & W3C, 2017 [cit. 2018-03-28]. Dostupné z: <https://www.w3.org/TR/sdw-bp/>
- [11] NAVRÁTIL, Pavel. Počítačová grafika a multimédia. Kralice na Hané: Computer Media, 2007. ISBN 80-866-8677-9.
- [12] KLIMEŠOVÁ, Dana. Geografické informační systémy a zpracování obrazů. Vyd. 2. Praha: Credit, 2006, 92 s. ISBN 80213083461.
- [13] What is GIS [online]. Kalifornie: ESRI, 2018 [cit. 2018-03-28]. Dostupné z: <https://www.esri.com/en-us/what-is-gis/overview>

- [14] What is Geographic Information Systems (GIS)?. Cca-acc [online]. .: Canadian Cartographic Association, 2018 [cit. 2018-03-28]. Dostupné z: <http://cca-acc.org/resources/what-is-cartography/>
- [15] 10 Free GIS Data Sources: Best Global Raster and Vector Datasets. GIS Geography [online]. 2018 [cit. 2018-03-28]. Dostupné z: <https://gisgeography.com/best-free-gis-data-sources-raster-vector/>
- [16] ZABAGED - polohopis - úvod. ČÚZK: Geoportál [online]. Praha: ., 2017, 17.8.2017 [cit. 2018-03-28]. Dostupné z: [http://geoportal.cuzk.cz/\(S\(1npi2sn1togf2q4s0h2baomq\)\)/default.aspx?mode=TextMeta&text=dSady_zabaged&side=zabaged&menu=24](http://geoportal.cuzk.cz/(S(1npi2sn1togf2q4s0h2baomq))/default.aspx?mode=TextMeta&text=dSady_zabaged&side=zabaged&menu=24)
- [17] ING. ŠTĚPÁNEK, Petr. Význam precizního zemědělství v EU [online]. .: Agromanual.cz, 2017 [cit. 2018-03-28]. Dostupné z: <https://www.agromanual.cz/cz/clanky/technologie/vyznam-precizniho-zemedelstvi-v-eu>
- [18] Keen, P. G. W., Scott-Morton, M. S.: Decision Support Systems: An Organizational Perspective. Reading, MA: Addison-Wesley, 1978
- [19] MLÁDKOVÁ, PH.D., Doc. ing. Ludmila. Dvě dimenze znalosti, explicitní a tacitní. BPR-téma [online]., 2018 [cit. 2018-03-28]. Dostupné z: <http://bpm-tema.blogspot.cz/2008/06/dve-dimenze-znalosti-explicitni-tacitni.html>
- [20] KŘIVOHLAVÝ, CSC., prof. phdr. Jaro. Psychologie moudrosti a dobrého života. 1. Praha: Grada Publishing, 2009. ISBN 978802472364.
- [21] PECHANEC, Vilém. Nástroje podpory rozhodování v GIS. Olomouc: Univerzita Palackého v Olomouci, 2006. Monografie. ISBN 80-244-1553-4
- [22] Power, D.J. A Brief History of Decision Support Systems. DSSResources.COM, World Wide Web, <http://DSSResources.COM/history/dsshistory.html>, version 2.8, May 31, 2003.
- [23] MILDEOVÁ, Stanislava. Systémy pro podporu rozhodování. Cvičebnice. Praha: Oeconomica, 2009. 100 s. ISBN 978-80-245-1631-8.
- [24] Kdo jsme. Agrivep [online]. Praha: 2013 [cit. 2018-03-28]. Dostupné z: <http://agrivep.cz/>
- [25] ArcMap. Desktop GIS [online]. Praha: 2018 [cit. 2018-03-28]. Dostupné z: <https://www.arcdata.cz/produkty/arcgis/desktopovy-gis/arcmap>
- [26] Datový model pro web GIS s integrací času. Praha, 2017. Disertační práce. Česká zemědělská univerzita v Praze. Vedoucí práce Doc. RNDr. Dana Klimešová, Csc.
- [27] Web Coverage Service. OGC [online]. .: OGC, 2018 [cit. 2018-03-28]. Dostupné z: <http://www.opengeospatial.org/standards/wcs>

- [28] Keyhole Markup Language. OGC [online]. .: OGC, 2018 [cit. 2018-03-28]. Dostupné z: <http://www.opengeospatial.org/standards/kml>
- [29] Ing. Jana Poláčková, CSc. a kolektiv. *Metodika kalkulací nákladů a výnosů v zemědělství*. Praha: Ústav zemědělské ekonomiky a informací, 2010. ISBN 978-80-86671-75-8