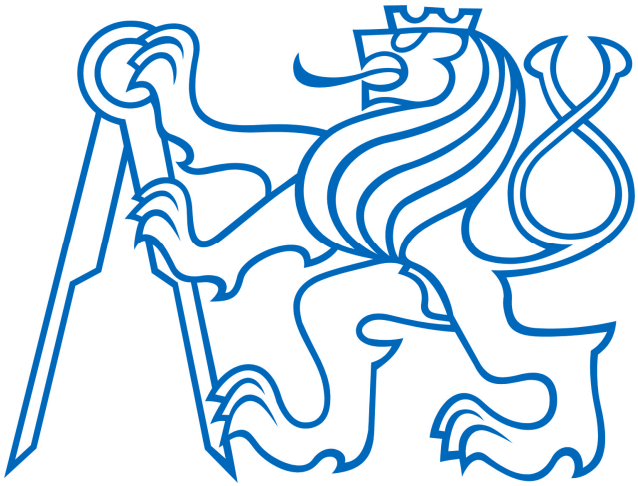
ČESKÉ VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ

Fakulta stavební

Katedra mapování a kartografie

DIPLOMOVÁ PRÁCE



Vliv srážky na polohovou přesnost map III. vojenského mapování

Planimetric distortion of maps of the Third Military Mapping

Vypracovala: Bc. Lucie Donovalová

Vedoucí práce: Prof. Ing. Bohuslav Veverka, DrSc.

Praha 2009

ČESKÉ VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V PRAZE
Fakulta stavební
Thákurova 7, 166 29 Praha 6

ZADÁNÍ DIPLOMOVÉ PRÁCE

studijní program: Geodézie a kartografie
studijní obor: Geodézie a kartografie
akademický rok: 2008-09

Jméno a příjmení diplomanta: Bc. Lucie Lasáková - Donovalová
Zadávající katedra: mapování a kartografie
Vedoucí diplomové práce: Prof. Ing. Bohuslav Veverka, DrSc.
Název diplomové práce: Vliv srážky na polohovou přesnost map III. vojenského mapování
Název diplomové práce v anglickém jazyce: Planimetric distortion of maps of theThird Military Mapping

Rámcový obsah diplomové práce:

Účelem práce je provést analýzu vlivu délkové srážky na polohovou přesnost obrazu map III. vojenského mapování 1:75 000.

a) na základě souboru skenů map SM75 provedte digitalizaci rohů a kontrolních bodů těchto map v prostředí Kokeš a přepočtěte je pomocí SW MATKART do systému S-JTSK.

b) provedte statistickou analýzu souborů hodnot srážky, hodnot přesnosti helmertovy transformace před a po eliminaci srážky, použijte metody regresní analýzy a ostestujte normalitu získaných souborů

c) na vybraných mapových listech určete přesnost mapové kresby vůči mapovému rámu

Datum zadání diplomové práce: 1.10.2008 Termín odevzdání: 10.12.2008

Neodevzdá-li student diplomovou práci včas, je povinen tuto skutečnost předem písemně zdůvodnit, pokud bude omluva (předaná prostřednictvím stud. odd.) děkanem uznána, určí děkan studentovi náhradní termín konání státní závěrečné zkoušky (zůstávají 2 termíny SZZ). Pokud tuto skutečnost řádně neomluví, nebo omluva nebude děkanem uznána, určí děkan studentovi termín pro opakování státní závěrečné zkoušky, SZZ je možné opakovat pouze jednou. (SZŘ čl 22, odst. 3, 4.)

Diplomant bere na vědomí, že je povinen vypracovat diplomovou práci samostatně, bez cizí pomoci, s výjimkou poskytnutých konzultací. Seznam použité literatury, jiných pramenů a jmen konzultantů je třeba uvést v diplomové práci.

.....
vedoucí diplomové práce

.....
vedoucí katedry

Zadání diplomové práce převzal dne: 1.10.2008

.....
diplomant

Formulář nutno vyhotovit ve 3 výtiscích – 1x katedra, 1x student, 1x studijní odd. (zašle katedra)

Nejpozději do konce 2. týdne výuky v semestru odešle katedra 1 kopii zadání DP na studijní oddělení a provede zápis údajů do informačního systému fakulty KOS.

Prohlášení:

Prohlašuji, že jsem svou diplomovou práci vypracovala samostatně a výhradně s použitím citované literatury a jiných pramenů. Souhlasím se zapůjčováním práce nebo jejím zveřejňováním se souhlasem katedry.

V Praze dne …… ……

Lucie Donovalová

Poděkování:

Ráda bych poděkovala panu Prof. Ing. Bohuslavu Veverkovi, DrSc. za čas, který mi věnoval při vedení a usměrňování mé práce a za veškerou jeho pomoc. Dále bych chtěla poděkovat společnosti GEPRO, spol. s r.o. za zapůjčení softwaru KOKEŠ 8.61 a cenné rady k jeho využití při zpracování mé diplomové práce.

Děkuji také svému manželovi a rodině za podporu, pomoc a poskytnuté zázemí při zpracování mé práce.

ABSTRAKT

Jméno: Bc. Lucie Donovalová

Název diplomové práce: Vliv srážky na polohovou přesnost map III. vojenského mapování

Anotace: Diplomová práce se zabývá analýzou vlivu délkové srážky na polohovou přesnost obrazu map III. vojenského mapování 1 : 75 000 (SM75). Práce analyzuje soubor 173 map SM75 pokrývajících území České a Slovenské republiky. Hodnotí vliv srážky mapy při převodu rastrového obrazu mapy pomocí Helmertovy transformace do S-JTSK. Práce zkoumá, zda početní eliminace zjištěné srážky jednotlivých mapových listů ovlivní výslednou přesnost Helmertovy transformace.

Klíčová slova: kartografie, mapa, III. vojenské mapování, srážka mapy, Helmertova transformace, software MATKART

ABSTRACT

Name: Bc. Lucie Donovalová

Title: Planimetric distortion of maps of the Third Military Mapping

Abstract: The diploma thesis is focused on an analysis of the map distortion influence on positional accuracy of the Third Military Mapping 1 : 75 000 (SM75). The thesis analyses a set of 173 state maps SM75 covering the area of the Czech and Slovak Republic. It evaluates the map distortion influence by means of transformation of source raster map image with using of the Helmert transformation to S-JTSK. The work is devoted to the studying of the influence of numerical elimination of map distortion by using of Helmert transformation.

Keywords: cartography, map, the Third Military Mapping, distortion of map, Helmert transformation, MATKART software

OBSAH:

1. ÚVOD 8

2. MAPY III. VOJENSKÉHO MAPOVÁNÍ 9

3. SRÁŽKA MAPY 12

4. HELMERTOVA TRANSFORMACE V ROVINĚ 13

5. REGRESNÍ A KORELAČNÍ ANALÝZA 15

5.1 REGRESNÍ ANALÝZA 15

5.2 KORELAČNÍ ANALÝZA 16

6. NORMÁLNÍ ROZDĚLENÍ (LAPLACE-GAUSSOVO) 18

7. TECHNOLOGICKÝ POSTUP 20

7.1 SBĚR DAT 20

7.2 ZPRACOVÁNÍ DAT 20

7.3 VYHODNOCENÍ DAT 21

7.3.1 Srážka mapového listu 22

7.3.1.1 Statistické zhodnocení srážky mapy 25
7.3.1.2 Normální rozdělení absolutní horizontální srážky mapy 26
7.3.1.3 Normální rozdělení absolutní vertikální srážky mapy 26
7.3.1.4 Regrese a korelace mezi horizontální a vertikální srážkou mapy 27

7.3.2 Přesnost transformace před eliminací srážky mapového listu 28

7.3.2.1 Statistické zhodnocení přesnosti transformace před eliminací srážky 31
7.3.2.2 Normální rozdělení chyby m_y původního rastru 32
7.3.2.3 Normální rozdělení chyby m_x původního rastru 32
7.3.2.4 Normální rozdělení chyby m původního rastru 33
7.3.2.5 Regrese a korelace mezi m_y a m_x původního rastru 33

7.3.3 Přesnost transformace po eliminaci srážky mapového listu 34

7.3.3.1 Statistické zhodnocení přesnosti transformace po eliminaci srážky 37
7.3.3.2 Normální rozdělení chyby m_y rastru po eliminaci srážky 38
7.3.3.3 Normální rozdělení chyby m_x rastru po eliminaci srážky 38
7.3.3.4 Normální rozdělení chyby m rastru po eliminaci srážky 38
7.3.3.5 Regrese a korelace mezi m_y a m_x rastru po eliminaci srážky 39

8. ZÁVĚR 40

9. SEZNAM LITERATURY A OSTATNÍCH ZDROJŮ 42

10. SEZNAMY 44

10.1 SEZNAM OBRÁZKŮ 44

10.2 SEZNAM TABULEK 45

10.3 SEZNAM ELEKTRONICKÝCH PŘÍLOH 46

1. ÚVOD

Cílem této diplomové práce je provedení analýzy vlivu délkové srážky na polohovou přesnost obrazu map III. vojenského mapování měřítka 1 : 75 000. Zejména zhodnocení vlivu srážky mapy při převodu rastrového obrazu mapy pomocí Helmertovy transformace do S-JTSK. Zjistit, zda početní eliminace zjištěné srážky jednotlivých mapových listů ovlivní výslednou přesnost Helmertovy transformace pomocí statistických metod a regresní analýzy.

Mapy III. vojenského mapování vznikaly na základě mapování Rakousko-Uherské monarchie v letech 1870 až 1883. Hlavním výsledkem tohoto mapování je tzv. *speciální mapa* v měřítku 1 : 75 000 (SM 75), jejíž analýzou se zabývá tato diplomová práce. Tato mapa je jedním z nejvýznamnějších mapových děl České republiky. Až do roku 1956 byla totiž jediným státním mapovým dílem pokrývajícím celé naše státní území.

Diplomová práce je tématicky rozdělena do sedmi částí. První část se zabývá historií III. vojenského mapování a popisem kartografických vlastností speciální mapy.

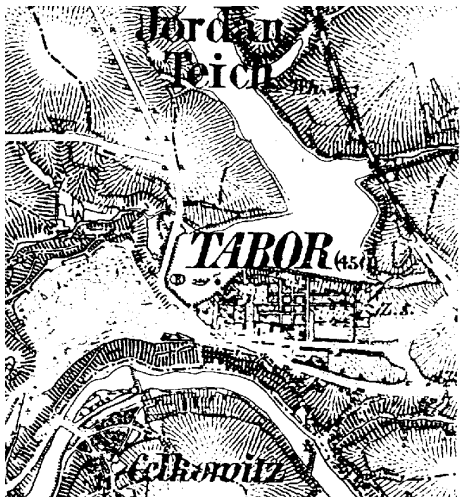
Následující čtyři kapitoly jsou zaměřeny na teorii zkoumaných vlastností mapy a použitých postupů při zpracování dat. Zabývají se vysvětlením významu srážky mapy, vlastnostmi Helmertovy transformace v rovině, regresní a korelační analýzou a vlastnostmi normálního rozdělení.

Hlavní částí práce je praktické použití popsané teorie. Jedná se o samotný sběr, zpracování a vyhodnocení dat získaných měřením na 173 speciálních mapách pokrývajících území České a Slovenské republiky.

Závěrečnou kapitolou je pak zhodnocení dosažených výsledků.

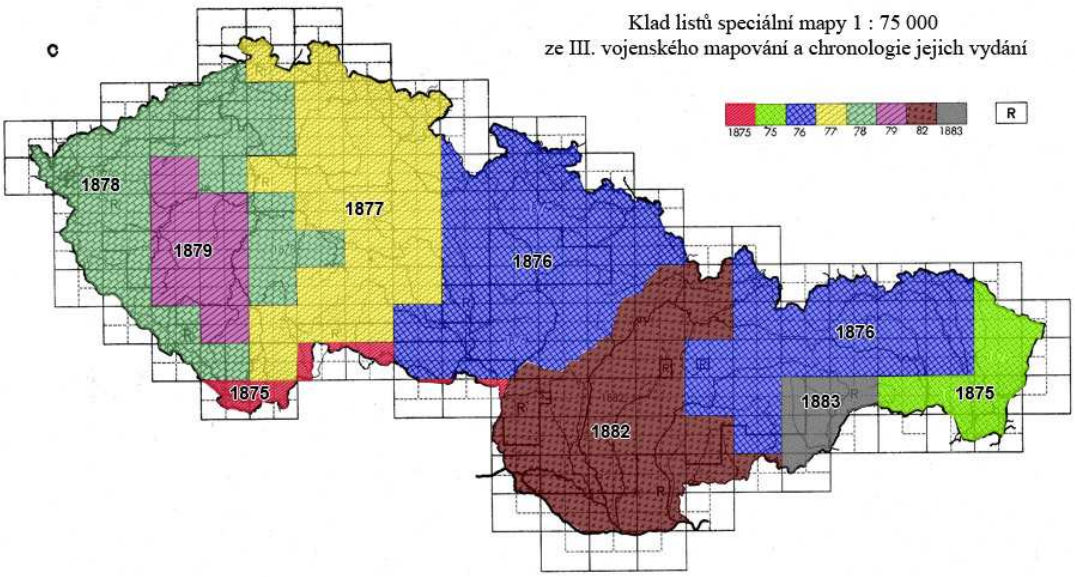
2. MAPY III. VOJENSKÉHO MAPOVÁNÍ

O potřebě nového mapování Rakousko-Uherské monarchie definitivně rozhodly neúspěchy armády ve válce s Pruskem roku 1866. Více než 70 let staré II. vojenské mapování se ukázalo jako zcela zastaralé, proto přistoupilo Rakousko-Uhersko ke III. vojenskému mapování, které probíhalo v letech 1870 až 1883. Hlavním důvodem byly tedy požadavky dělostřelectva na přesné mapy, roli však hrála i nastupující industrializace, výstavba silnic, železnic, továren a splavňování řek. [6]



Obr. 1 Topografická sekce 1:25 000 (Tábor)

Mapování řídil Vojenský zeměpisný ústav (VZÚ) ve Vídni. Mapovalo se v měřítku 1 : 25 000 (topografické sekce), použit byl Besselův elipsoid, jadranský výškový systém, rovinné souřadné systémy Gusterberg a Sv. Štěpán. (viz Obr. 1) Při mapování polohopisu se používal měřický stolek a později buzola, výšky se určovaly výškoměrem nebo barometricky. Celá monarchie byla zmapována za úctyhodných 16 let. (viz Obr. 2) [11]



Obr. 2 Klad listů speciální mapy 1 : 75 000 ze III. vojenského mapování a chronologie jejich vydání

Speciální mapa 1 : 75 000 (SM75)

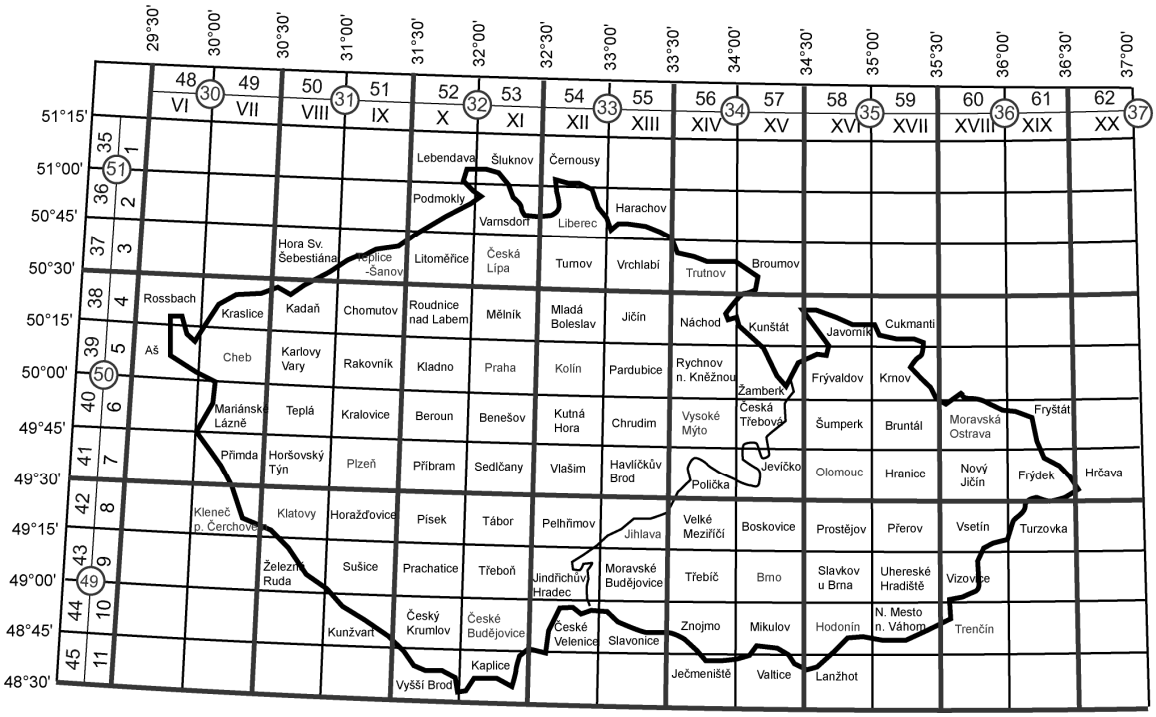
Čtyři složené mapové sekce tvořily list speciální mapy 1 : 75 000. Tento list představoval průmětnu příslušné části zemského povrchu do roviny v Sansonově-Flamsteedově zobrazení (viz [1]). List speciální mapy o rozměrech 30´ zeměpisné délky a 15´ zeměpisné šířky byl tedy samostatnou průmětnou, a proto se zobrazení nazývá též jako polyedrické. Zkreslení mapy dosahovalo velkých hodnot, na styku dvou speciálních map bylo úhlové zkreslení až 11´, zkreslení délek až 2 m na 1 km, polohové odchylky na styku dosahovaly hodnoty 100 m. Jeden list speciální mapy zobrazuje plochu cca 1000 km^2.

Polohopis byl zobrazován smluvenými značkami, výškopis byl zaznamenávám upravenou Lehmannovou šrafurou, která sice dobře vystihovala výškové poměry, ale graficky neobyčejně zatěžovala mapu. Významné body se kótovaly (kostely, křižovatky, soutoky vod, vrcholy hor, sedla), na mapách se objevily i 100 m vrstevnice, jejichž přesnost je však pouze orientační. Rukopisné originály topografických sekcí byly jedenáctibarevné, odvozená speciální mapa se však tiskla pouze jednobarevně, tj.v černobílém provedení. Při tisku se již upustilo od mědirytiny, která byla nahrazena fotolitografií.

Při číslování listů speciální mapy se uvádí čtyřciferné označení, kde první dvě číslice značí vrstvu a poslední dvě sloupec. Číslování vrstev začíná od rovnoběžky 51°15´ severní šířky a číslování sloupců od poledníku 27° východně od Ferra. S tvorbou odvozené speciální mapy se začalo až po dokončení mapování v měřítku 1 : 25 000. Kresba jednoho listu SM75 trvala až 8 měsíců. [6]

Po vzniku ČSR v roce 1918 převzal Vojenský zeměpisný ústav v Praze od VZÚ Vídeň podklady 699 topografických sekcí a 189 speciálních map III. vojenského mapování, na kterých provedl reambulaci. Jejím výsledkem bylo nahrazení německých a maďarských názvů jmény českými a slovenskými, oprava hrubých deformací výškopisu, dotisk zelené barvy pro lesní porosty a později i dotisk kilometrové souřadné sítě Křovákova zobrazení, který však má s ohledem na polohovou přesnost speciální mapy spíše orientační povahu. Reambulované speciální mapy byly využity pro geologické mapování a především jako oblíbené turistické mapy. [12]

Hlavním výsledkem III. vojenského mapování byla tedy speciální mapa, odvozená z topografických sekcí. Tato tzv. *speciálka* byla jediným státním mapovým dílem pokrývajícím naše státní území až do roku 1956. Jako válečná mapa sloužila v I. i II. světové válce. Hojně využívaná byla také pro turistické účely. Odtud pramení její proslulost jako zřejmě nejpopulárnějšího díla rakouské kartografie minulé doby. Dnes se tato mapa těší značnému sběratelskému zájmu. [6]

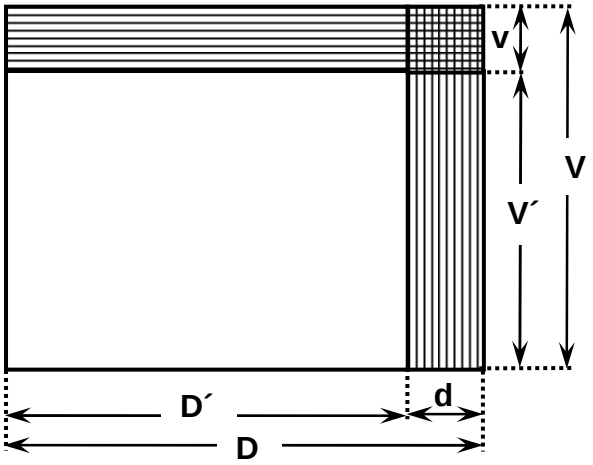


Obr. 3 Klad a značení listů speciální mapy 1 : 75 000

3. SRÁŽKA MAPY

Mapový papír, který je dlouhodobě vystavený vlivům prostředí, především proměnné teplotě a vlhkosti vzduchu, mění časem své rozměry. Tyto změny jsou dosti pravidelné, osami symetrie jsou deformace papíru jsou střední příčky mapového rámu, které jsou zpravidla souběžné nebo kolmé na směr výroby papíru. Délkové změny dosahují až 2% délky. V případě map nalepených na kovovou podložku nebo plastovou folii jsou tyto změny podstatně nižší.

Srážka mapy má povahu systematické chyby, ovlivňuje její měřítko. Protože se mění během času, musí se určovat před každým kartometrickým šetřením a její vliv je nutné početně eliminovat.



Obr. 4 Vliv srážky na rozměry mapového listu

Jsou-li známy správné rozměry mapového listu *D, V* (délka, výška) a jejich skutečné hodnoty *D´, V´* získané kartometrickými postupy (přímým proměřením, kartometrickou digitalizací), potom se absolutní horizontální a vertikální srážka určí vztahy (3.1) a (3.2).

absolutní horizontální srážka $d = D - D´$ (3.1)

absolutní vertikální srážka $v = V - V´$ (3.2)

Srážku je výhodné vyjádřit relativním způsobem v procentech zavedením srážkových modulů (3.3). [6]

$$q\% = 100.\frac{d}{D} \qquad r\% = 100.\frac{v}{V} \tag{3.3}$$

4. HELMERTOVA TRANSFORMACE V ROVINĚ

Helmertova transformace je podobnostní transformace při nadbytečném počtu identických bodů (tzn. při více než dvou identických bodech v obou soustavách). Jedná se o konformní transformaci, při které jsou délky upraveny měřítkovým faktorem (délkovým modulem). Používá se v případech, kdy máme k dispozici soubor souřadnicových údajů získaných z relativně malého zájmového území (např. digitalizací jednoho mapového listu), který je třeba převést do jiného souřadnicového systému.

Helmertova transformace je vhodná pro rovinné systémy typu *X, Y*, jejich počátky jsou vzájemně posunuty o hodnoty Δx, Δy, souřadné systémy jsou vůči sobě stočeny o úhel β a ve směrech obou souřadnicových os platí měřítkový faktor *m*. Souřadnicové systémy mohou být mírně nehomogenní.

Transformační rovnice mají tvar:

$$\begin{aligned} X_{out} &= m(X_{in}.\cos\beta - Y_{in}.\sin\beta) + \Delta x \\ Y_{out} &= m(X_{in}.\sin\beta + Y_{in}.\cos\beta) + \Delta y \end{aligned} \quad , \tag{4.1}$$

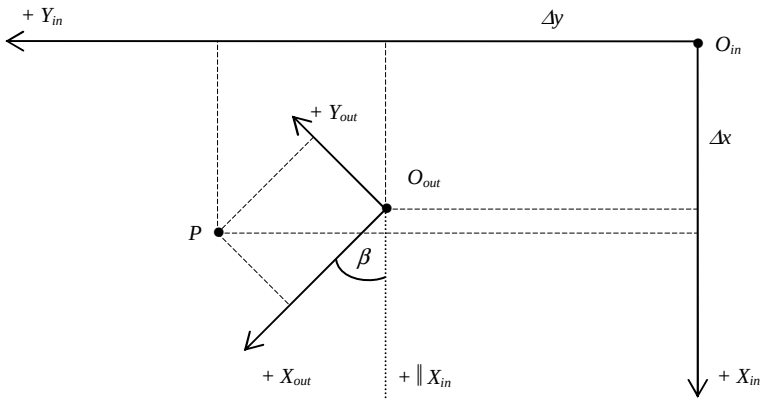
kde X_{out}, Y_{out} jsou výstupní (požadované, přepočítané) souřadnice,

X_{in}, Y_{in} jsou vstupní (získané, naměřené) souřadnice,

Δx, Δy jsou vzájemné posuny počátků soustav,

úhel β představuje úhel stočení soustav vůči sobě,

m je měřítkový faktor (poměr délky spojnice dvou bodů odpovídající souřadnicím v soustavě *out* a délky odpovídající souřadnicím v soustavě *in*), pro podobnostní transformaci platí $m \neq 1$.



Obr. 5 Transformace soustavy souřadnic v rovině – stočení, posun a změna měřítka

Neznámé konstanty transformačních rovnic Δx, Δy, m *a* úhel β se vypočítají ze souřadnic identických bodů (tj. bodů daných v obou systémech – *in* a *out*). K jednoznačnému určení těchto čtyř konstant jsou potřeba dva body určené souřadnicově jak v první, tak i ve druhé souřadnicové soustavě, v tomto případě se pak jedná o podobnostní transformaci. Vstupní i výstupní hodnoty souřadnic jsou však ovlivněny různorodou a pestrou směsicí náhodných i systematických chyb (srážka mapy, přesnost měření, schopnosti operátorů, různorodost zobrazení aj.). Transformační koeficienty je proto vhodné určit z většího počtu identických bodů rozmístěných na okrajích a ve středu zájmového území. Helmertova transformace k tomuto účelu používá metodu nejmenších čtverců (vyrovnání měření zprostředkujících), jejíž přesnost je prezentována střední kvadratickou chybou m_x, m_y, m. [14]

Řešení Helmertovy transformace souřadnic vyrovnáním zprostředkujících měření je podrobně popsáno v [5].

5. REGRESNÍ A KORELAČNÍ ANALÝZA

Korelační a regresní analýza slouží k vyhodnocení vztahu spojitých veličin. Je spojena s vícerozměrným výběrovým souborem, u statistických jednotek bude tedy souběžně zkoumáno více statistických znaků *(x, y)*. Pomocí regrese a korelace lze vyhodnocovat vztahy, u nichž je zřejmá příčinná souvislost mezi veličinami.

Základní úkoly regresní analýzy spočívají v nalezení vhodné teoretické spojité regresní funkce k vystižení sledované závislosti.

Korelační analýza navazuje na regresní analýzu, jejím hlavním úkolem je měření „těsnosti“ zkoumané statistické závislosti mezi znaky *(x, y)*. [4]

5.1 REGRESNÍ ANALÝZA

Cílem regresní analýzy je proložit množinu bodů hladkou matematickou křivkou. Podle typu prokládané křivky rozlišujeme různé typy regresních analýz, např. lineární regrese, polynomická regrese, exponenciální regrese aj. [10]

Jednoduchá lineární regrese

Lineární regrese představuje aproximaci měřených hodnot proměnných *(x, y)* polynomem prvního řádu (přímkou). Vycházíme z naměřených hodnot dvojic (x_i, y_i). Nejlepší přimknutí budeme chápat ve smyslu metody nejmenších čtverců. Jedná se tedy o proložení několika bodů v grafu takovou přímkou, aby součet druhých mocnin odchylek jednotlivých bodů od přímky byl minimální $[v_i v_i] = \min$. V případě jednoduché regrese se jedná o studium závislosti právě dvou veličin.

Skutečná (přesná) poloha přímky vyjadřující skutečný vztah mezi veličinami *x, y* je dána rovnicí (5.1).

$$Y = \overline{A} + \overline{B}.X \ , \tag{5.1}$$

kde konstanta $\overline{A}$ je úsek na ose *y* a $\overline{B}$ je směrnice přímky, *X, Y* jsou přesné hodnoty. Měřené dvojice jevů (x_i, y_i) jsou souřadnice bodů, jejichž vyrovnáním vypočítáme nejspolehlivější hodnoty *A, B* neznámých konstant přímky. Symbol *p* má význam váhy, obvykle dané počtem měření. Tato hodnota je proměnlivá od bodu k bodu a budeme ji považovat za konstantní pro jednu dvojici jevů.

Přesné odvození vyrovnání, na jehož základě vypočítáme nejspolehlivější hodnoty neznámých konstant přímky *A*, *B* je popsáno ve [4]. Neznámé konstanty přímky *A*, *B* se pak určí z výsledných vzorců (5.2) a (5.3):

$$A = \frac{[py].[px^2] - [pxy].[px]}{[p].[px^2] - [px]^2} \quad , \tag{5.2}$$

$$B = \frac{[p].[pxy] - [px].[py]}{[p].[px^2] - [px]^2} \quad . \tag{5.3}$$

Vztah mezi každou dvojicí naměřených hodnot x_i, y_i je poté dán lineární funkcí charakterizovanou dvěmi konstantami *A, B* takto

$$y_i + v_{yi} = A + B.x \, , \tag{5.4}$$

kde v_{yi} představuje příslušnou opravu. [4]

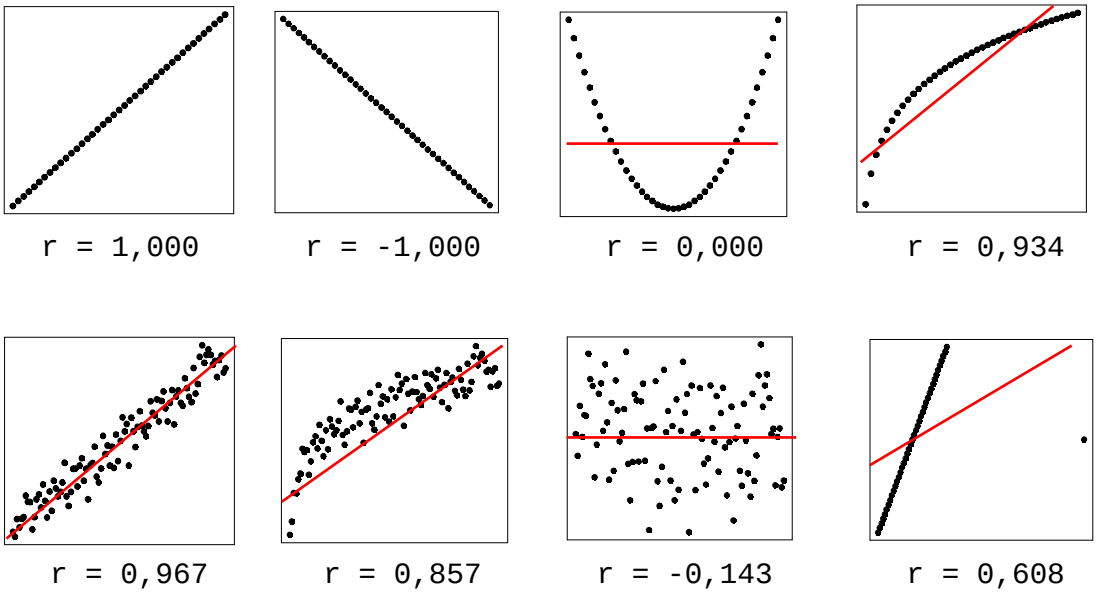
5.2 KORELAČNÍ ANALÝZA

Cílem korelační analýzy je zjistit „těsnost“ zkoumané statistické závislosti mezi dvěma proměnnými *(x, y)*. Nejužívanější mírou korelace dvou proměnných je **výběrový koeficient korelace**, který je ale možné použít pouze za platnosti dvou předpokladů: sledovaná závislost je lineární, základní soubor, ze kterého pochází i výběrový soubor naměřených dvojic má dvojrozměrné normální rozdělení.

Koeficient korelace *r* je tedy charakteristikou lineární korelační závislosti dvou proměnných ve dvourozměrném náhodném výběru *n* dvojic. Je bodovým odhadem korelačního koeficientu základního souboru. Pro jeho výpočet se užívá vztah (5.5):

$$r_{xy} = \frac{n.[xy] - [x].[y]}{\sqrt{\left(n.[xx] - [x]^2\right).\left(n.[yy] - [y]^2\right)}} \quad \text{, kde} \qquad -1 \le r \le 1 \, . \tag{5.5}$$

[4]



Obr. 6 Souvislost mezi velikostí výběrového koeficientu korelace r a typem závislosti

Výklad těsnosti vztahu proměnných na základě velikosti výběrového koeficientu korelace provedl např. prof. PhDr. Rudolf Kohoutek, CSc. (viz Tab.1). [10]

Tab. 1 Těsnost vztahu proměnných na základě r

Těsnost vztahu	$\lvert r \rvert$
zanedbatelný	0,00 – 0,19
nepříliš těsný	0,20 – 0,39
středně těsný	0,40 – 0,69
velmi těsný	0,70 – 0,89
extrémně těsný	0,90 – 1,00

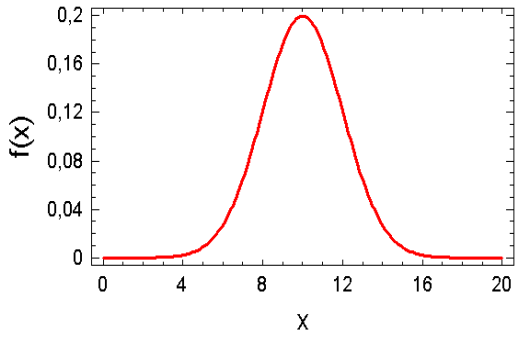
6. NORMÁLNÍ ROZDĚLENÍ (LAPLACE-GAUSSOVO)

Normální rozdělení pravděpodobnosti je jedno z nejdůležitějších rozdělení pravděpodobnosti spojité náhodné veličiny, kterým lze za určitých podmínek aproximovat i některá rozdělení diskrétní. Obecně lze říci, že toto rozdělení je použitelné všude tam, kde kolísání náhodné veličiny je způsobeno součtem velkého počtu nepatrných a vzájemně nezávislých jevů.

Hustota pravděpodobnosti normálního rozdělení je dána frekvenční funkcí

$$f(x)=\frac{1}{\sigma\sqrt{2\pi}}e^{-\frac{(x-\mu)^2}{2\sigma^2}} \text{ , kde } \quad -\infty<x<\infty \text{ ,} \tag{6.1}$$

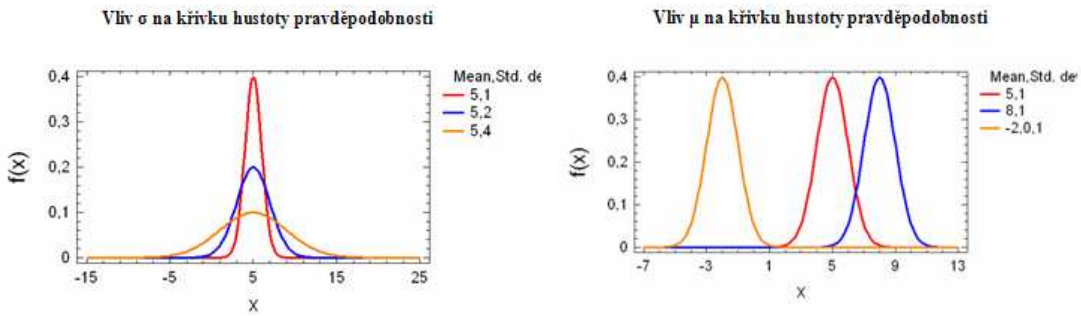
jejíž graf je znám jako „Gaussova křivka“. Jedná se o symetrickou jednovrcholovou hustotu, která je zvonovitého tvaru a nikde neprotíná vodorovnou osu (viz. Obr. 7).



Obr. 7 Gaussova křivka

Tato funkce má dva parametry: střední hodnotu $E(x)=\mu$, která může být libovolná a varianci $V(x)=E\{x-E(x)\}^2=\sigma^2$ při $\sigma>0$. [2]

Normální rozdělení pak značíme $N(\mu;\sigma^2)$ (6.2)



Obr. 8 Vliv parametrů normálního rozdělení na tvar hustoty pravděpodobnosti [15]

Parametr ležící pod vrcholem hustoty, je střední hodnota μ a určuje polohu rozdělení na číselné ose (viz Obr. 8). Vzhledem k symetrii normálního rozdělení je parametr současně modem (hodnotou s nejčastějším výskytem) a mediánem (prostřední hodnotou ve smyslu dělení plochy pod hustotou na dvě stejně velké části).

Parametr σ je směrodatná odchylka, jeho druhá mocnina je rozptyl σ^2 (variance) veličiny *x* a určuje tvar hustoty normálního rozdělení. Čím je směrodatná odchylka větší, tím je hustota plošší, čím je menší, tím je křivka strmější (viz Obr. 8). Směrodatná odchylka se určí podle vzorce (6.3).

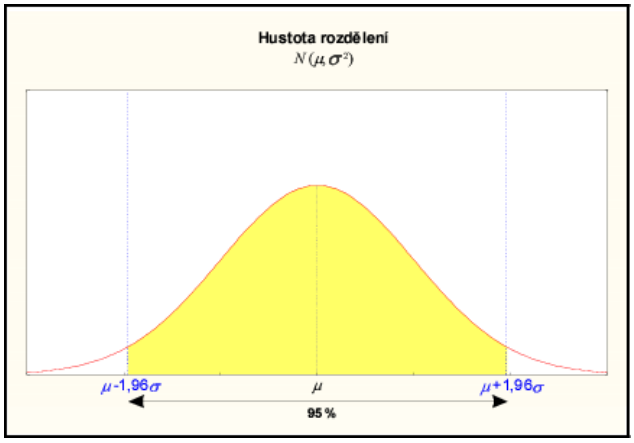
$$\sigma = \sqrt{\frac{\left(\bar{x} - x_i\right)^2}{n}}, \tag{6.3}$$

kde $\bar{x}$ je průměrná hodnota,

x_i je měřená hodnota, $i \in \langle 1; n \rangle$,

n je počet prvků.

Plocha pod křivkou hustoty normálního rozdělení je rovna jedné. Pravděpodobnost, že náhodná veličina nabude hodnot z určitého intervalu, je rovna ploše pod hustotou nad tímto intervalem. Například pro interval s hranicemi $\mu - 1{,}96\sigma$ a $\mu + 1{,}96\sigma$ má tato plocha velikost 0,95. Náhodná veličina *x* nabývá tedy hodnot z intervalu s 95% pravděpodobností a pouze v 5% leží její hodnoty mimo uvedený interval (viz Obr. 9). [16]



Obr. 9 Hustota normálního rozdělení

7. TECHNOLOGICKÝ POSTUP

7.1 SBĚR DAT

Originály map III. vojenského mapování pro oblast Čech a Slovenska byly naskenovány s rozlišením 400 DPI a uloženy ve formátu JPG.

Pro další zpracování byl jako nejvhodnější program zvolen KOKEŠ 8.61 od firmy Gepro, spol. s r.o. Souřadnicový systém byl orientován stejně jako u S-JTSK. Počátek leží v pravém horním rohu, kladná osa *x* směřuje k jihu, kladná osa *y* k západu.

Každá ze 173 map byla postupně načtena do programu KOKEŠ. Následně byly odečteny rastrové souřadnice všech čtyř rohů mapy, které byly zaznamenány do textového souboru pro další zpracování v softwaru MATKART (viz Příloha 1). Přesný název souboru se skládá z číselného označení mapy a slova *rastr* a je uložený ve formátu TXT. Obsahem každého souboru je hlavička obsahující údaje o zpracování mapy: číselné označení mapy, druh mapy, použitý software, datum vytvoření, jméno zpracovatele. Následují měřená data: DPI, souřadnice Y, X rohů mapy v pořadí levý horní, pravý horní, pravý dolní a levý dolní roh (viz Ukázka souboru *3552rastr.txt*).

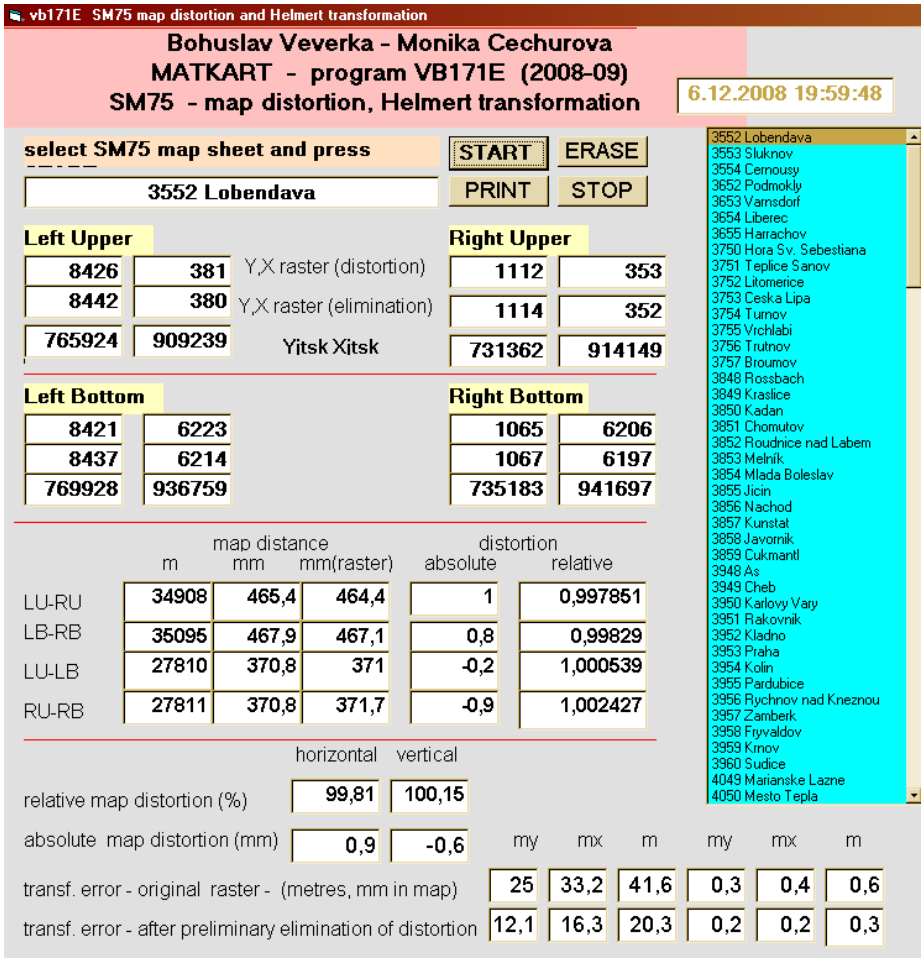
Ukázka souboru : *3552rastr.txt*

```
3552, sm75, KOKES, 24.9.2008, Lasakova
400 8426 381 1112 353 1065 6206 8421 6223
```

7.2 ZPRACOVÁNÍ DAT

Vytvořené soubory byly použity jako vstupní data pro zpracování softwarem MATKART – program VB171E (2008-09), SM75 – map distortion, Helmert transformation. Program vypočte srážku mapového listu, spočte rohy mapy opravené o srážku, provede transformaci mapy před a po eliminaci srážky a určí přesnost transformace výpočtem chyb m_y, m_x a m. Ukázka výstupu programu MATKART viz Obr. 7 (protokoly z výpočtů uvedeny v Příloze 2).

Pro následné vyhodnocení byla vybrána data: absolutní srážka mapy, relativní srážka mapy (%), chyby transformace m_y, m_x a m původního rastru (metry, mm v mapě), chyby transformace m_y, m_x a m rastru po eliminaci srážky (metry, mm v mapě).



Obr. 10 Výstup ze softwaru MATKART – program VB171E (2008-09)

7.3 VYHODNOCENÍ DAT

Vyhodnocení dat bylo provedeno v programu Microsoft Office Excel 2003. Pro každou mapu byla nejprve zaznamenána data z výstupů softwaru MATKART: absolutní srážka mapy, relativní srážka mapy (%), chyby transformace m_y, m_x a m původního rastru (metry, mm v mapě), chyby transformace m_y, m_x a m rastru po eliminaci srážky (metry, mm v mapě).

Poté následovalo statistické zhodnocení dat. U každé veličiny byl určený počet prvků, aritmetický průměr, směrodatná odchylka, rozptyl, minimální a maximální hodnota. Pro vybrané veličiny byl sestrojen histogram četností, který byl proložen Gaussovou křivkou a korelační diagram vyjadřující „těsnost“ vztahu mezi dvojicemi veličin: absolutní vertikální a horizontální srážka, střední kvadratická chyba m_y a m_x transformace před eliminací a po eliminaci srážky mapy (viz Příloha 3).

7.3.1 Srážka mapového listu

Tab. 2 Srážka mapového listu

Číslo mapy	Název mapy	Srážka mapy			
		absolutní [mm]		relativní [%]	
		horizontální	vertikální	horizontální	vertikální
3552	Lobendava	0,9	-0,6	99,81	100,15
3553	Sluknov	-0,1	-1,2	100,02	100,31
3554	Cernousy	1,2	-1,2	99,74	100,32
3652	Podmokly	0,0	-4,0	100,00	101,07
3653	Varnsdorf	2,0	0,4	99,56	99,91
3654	Liberec	2,3	4,4	99,51	98,81
3655	Harrachov	0,0	-2,3	100,01	100,62
3750	Hora sv. Sebestiana	-0,2	-1,7	100,05	100,46
3751	Teplice Sanov	-0,4	1,5	100,10	99,60
3752	Litomerice	0,6	-1,2	99,87	100,31
3753	Ceska Lipa	-1,2	-1,8	100,24	100,47
3754	Turnov	2,1	-0,4	99,55	100,11
3755	Vrchlabi	2,4	-0,9	99,49	100,24
3756	Trutnov	0,3	-1,1	99,94	100,30
3757	Broumov	1,0	0,3	99,78	99,92
3848	Rossbach	-0,6	-1,0	100,14	100,26
3849	Kraslice	0,6	-1,3	99,88	100,35
3850	Kadan	-0,2	-1,8	100,03	100,47
3851	Chomutov	-0,4	-0,6	100,07	100,18
3852	Roudnice nad Labem	-0,6	-2,4	100,13	100,65
3853	Melnik	1,5	-1,4	99,69	100,38
3854	Mlada Boleslav	1,2	-2,2	99,74	100,59
3855	Jicin	2,3	-1,0	99,51	100,27
3856	Nachod	0,6	-1,4	99,88	100,39
3857	Kunstat	-0,8	-0,9	100,16	100,24
3858	Javornik	0,8	-2,1	99,83	100,57
3859	Cukmantl	1,9	-1,2	99,60	100,34
3948	As	1,0	-1,3	99,80	100,35
3949	Cheb	-0,9	-1,2	100,19	100,34
3950	Karlovy Vary	2,4	-1,8	99,49	100,47
3951	Rakovnik	1,0	-0,8	99,78	100,22
3952	Kladno	0,4	-0,8	99,93	100,23
3953	Praha	3,3	-0,4	99,31	100,12
3954	Kolin	2,2	-1,7	99,55	100,46
3955	Pardubice	0,5	-0,4	99,90	100,11
3956	Rychnov nad Kneznou	1,7	-1,6	99,64	100,42
3957	Zamberk	-1,6	-1,0	100,35	100,28
3958	Frývaldov	-1,3	-1,2	100,27	100,32
3959	Krnov	0,0	-1,2	100,00	100,32
3960	Sudice	1,2	-1,1	99,74	100,30
4049	Marianske Lazne	-0,1	-1,3	100,01	100,35
4050	Město Tepla	1,8	-1,4	99,61	100,38
4051	Kralovice	1,7	-1,2	99,65	100,34
4052	Beroun	2,3	-0,6	99,52	100,18
4053	Benesov u Prahy	3,0	-1,0	99,36	100,28
4054	Kutna Hora	2,3	-1,5	99,52	100,40

Číslo mapy	Název mapy	Srážka mapy			
		absolutní [mm]		relativní [%]	
		horizontální	vertikální	horizontální	vertikální
4055	Chrudim	1,4	-1,3	99,72	100,36
4056	Vysoke Myto	0,1	-1,5	99,99	100,39
4057	Ceska Trebova	0,4	-0,1	99,92	100,03
4058	Sumperk	-0,4	0,1	100,08	99,97
4059	Bruntal	1,8	-2,0	99,64	100,54
4149	Primda	-0,3	-1,2	100,06	100,34
4150	Horsovsky Tyn	0,8	-1,1	99,84	100,3
4151	Plzen	-1,4	0,4	100,30	99,88
4152	Pribram	-0,2	-1,5	100,03	100,40
4153	Sedlcany	-0,4	0,4	100,08	100,09
4154	Vlasim	2,7	-1,7	99,45	100,46
4155	Nemecky Brod	3,0	-2,2	99,38	100,61
4156	Policka	1,3	-1,1	99,73	100,30
4157	Jevicko	3,0	-1,2	99,38	100,31
4158	Olomouc	1,4	-2,4	99,71	100,66
4159	Hranice	1,4	-0,8	99,71	100,20
4160	Novy Jicin	1,0	-2,2	99,79	100,61
4161	Frydek	2,4	-2,2	99,50	100,61
4162	Hrcava	-0,8	-0,6	100,16	100,18
4163	Polhora	0,4	-2,0	99,91	100,53
4249	Klenec pod Cechovem	-0,2	0,0	100,05	100,00
4250	Klatovy	-0,3	-2,2	100,06	100,58
4251	Horazdovice	0,3	-0,1	99,94	100,28
4252	Pisek	-0,1	-0,5	100,02	100,13
4253	Tabor	0,0	-1,6	99,99	100,45
4254	Pelhrimov	0,9	-1,3	99,81	100,35
4255	Jihlava	0,5	-1,6	99,90	100,42
4256	Velke Mezirici	0,3	-1,1	99,94	100,30
4257	Boskovice	1,0	-1,7	99,80	100,46
4258	Prostejov	4,9	-0,6	98,99	100,15
4259	Prerov	1,9	-1,4	99,61	100,38
4260	Vsetin	2,6	-2,5	99,46	100,67
4261	Turzovka	0,9	-1,0	99,81	100,27
4262	Stara Bystrica	0,4	-1,2	99,91	100,34
4263	Tvrdosin	0,2	-0,8	99,95	100,20
4264	Zdiar	1,0	-1,1	99,78	100,30
4265	Stara Lubovna	2,8	-1,4	99,43	100,39
4266	Bardejov	1,8	0,6	99,64	99,84
4267	Vysoky Svidnik	0,2	-0,4	99,95	100,12
4268	Medzilaborce	0,8	-0,6	99,82	100,15
4350	Zelezna Ruda	0,6	-2,4	99,87	100,65
4351	Susice	2,3	-2,0	99,53	100,53
4352	Prachatice	1,4	-0,8	99,71	100,20
4353	Trebon	1,5	-1,2	99,69	100,32
4354	Jindrichuv Hradec	3,4	-3,0	99,29	100,81
4355	Moravske Budejovice	0,1	-1,8	99,97	100,47
4356	Trebic	1,3	-1,6	99,73	100,42
4357	Brno	2,3	-1,4	99,52	100,36

Číslo mapy	Název mapy	Srážka mapy			
		absolutní [mm]		relativní [%]	
		horizontální	vertikální	horizontální	vertikální
4358	Slavkov u Brna	-1,0	-1,2	100,20	100,34
4359	Uherske Hradiste	0,7	-2,2	99,86	100,59
4360	Vizovice	3,0	-2,5	99,39	100,67
4361	Zilina	1,2	-2,0	99,76	100,53
4362	Ruzomberok	1,2	-2,3	99,74	100,62
4363	Liptovsky sv. Mikulas	1,3	-1,5	99,73	100,40
4364	Vysoke Tatry	-1,7	-1,1	100,35	100,30
4365	Levoca	0,4	-1,0	99,93	100,28
4366	Presov	1,1	-1,2	99,77	100,34
4367	Giraltovice	1,5	-1,2	99,68	100,34
4368	Papín	0,3	-1,3	99,94	100,35
4369	Ruské	0,6	0,2	99,88	99,93
4451	Kunzvart	-0,6	-1,6	100,11	100,45
4452	Cesky Krumlov	-1,5	0,2	100,31	99,95
4453	Ceske Budejovice	3,1	-3,3	99,37	100,89
4454	Ceske Velenice	0,3	-0,4	99,94	100,12
4455	Slavonice	2,0	-2,6	99,58	100,69
4456	Znojmo	1,0	-1,1	99,79	100,30
4457	Mikulov	0,5	-0,6	99,9	100,15
4458	Hodonin	0,8	-1,2	99,86	100,31
4459	Nove Mesto nad Vahom	-0,4	-1,1	100,08	100,30
4460	Trencin	0,1	-0,5	99,98	100,13
4461	Prievidza	1,9	-1,2	99,61	100,32
4462	Mosovce	0,3	-1,4	99,94	100,36
4463	Brezno nad Hronom	1,6	-1,2	99,67	100,31
4464	Pohorela	-1,8	-1,0	100,36	100,28
4465	Spisska Nova Ves	0,2	-1,6	99,97	100,45
4466	Gelnica	0,6	-0,8	99,88	100,23
4467	Vranov nad Toplou	0,7	0,6	99,86	99,85
4468	Humenne	0,2	-2,0	99,95	100,54
4469	Velky Brezny	-0,1	1,2	100,02	99,66
4470	Nizny Verecky	0,0	-0,4	99,99	100,11
4552	Vyssi Brod	1,1	-0,6	99,78	100,18
4553	Kaplice	0,7	-1,2	99,86	100,32
4556	Jecmeniste	0,3	-1,0	99,94	100,28
4557	Valtice	1,1	-2,6	99,78	100,69
4558	Lanzhot	-0,3	0,6	100,06	100,15
4559	Piestany	1,7	-0,2	99,65	100,05
4560	Topolcany	-0,4	-2,6	100,07	100,69
4561	Handlova	3,2	-2,8	99,36	100,74
4562	Banska Bystrica	0,1	-1,0	99,97	100,28
4563	Detva	0,9	-2,6	99,82	100,69
4564	Revuca	-0,8	-3,6	100,16	100,97
4565	Roznava	-0,6	-1,8	100,13	100,47
4566	Kosice	-0,4	-1,4	100,08	100,36
4567	Trebisov	1,0	-1,6	99,79	100,45
4568	Uzhorod	-1,7	1,7	100,35	99,54
4569	Seredne	0,7	-0,8	99,86	100,23

Číslo mapy	Název mapy	Srážka mapy			
		absolutní [mm]		relativní [%]	
		horizontální	vertikální	horizontální	vertikální
4570	Svalava	1,4	-0,1	99,71	100,01
4571	Volove	0,8	0,0	99,83	100,00
4572	Prameniste Mokranky	0,0	-1,2	99,99	100,31
4658	Malacky	-1,0	-1,7	100,21	100,46
4659	Trnava	1,1	-0,2	99,78	100,07
4660	Nitra	0,2	-1,0	99,97	100,27
4661	Nova Bana	-1,0	-1,6	100,02	100,43
4662	Banska Stiavnica	1,2	-1,4	99,75	100,38
4663	Lučenec	0,0	1,2	99,99	100,32
4664	Rimavska sobota	-1,8	-2,2	100,36	100,58
4665	Bretka	0,8	-0,4	99,85	100,12
4666	Ruzovy Dvor	-1,0	0,0	100,20	99,99
4667	Cejkov	0,0	-0,5	99,99	100,13
4668	Cop	0,4	-0,6	99,91	100,18
4669	Mukacevo	0,2	0,0	99,97	99,99
4670	Bilky	0,9	-0,8	99,82	100,23
4671	Horincovo	-3,1	-0,9	100,63	100,24
4672	Brustury	-3,4	-1,0	100,68	100,26
4758	Bratislava	-0,8	-4,3	100,17	101,16
4759	Senec	-0,4	-1,6	100,07	100,42
4760	Surany	-0,8	-0,9	100,15	100,24
4761	Levice	0,6	-1,3	99,87	100,35
4762	Sahy	-0,6	-1,6	100,12	100,42
4763	Sklabina	0,4	-1,6	99,91	100,45
4764	Hajnacka	-0,2	-2,3	100,03	100,62
4769	Berehovo	0,8	0,4	99,83	99,89
4858	Nezider	-1,8	-1,2	100,36	100,34
4860	Komarno	-0,4	-2,1	100,08	100,57
4861	Parkan	2,6	-1,0	99,48	100,26
4862	Usti Iplu	-1,4	-2,0	100,27	100,54
4961	Radvan nad Dunajem	-0,7	-1,0	100,14	100,28

7.3.1.1 Statistické zhodnocení srážky mapy

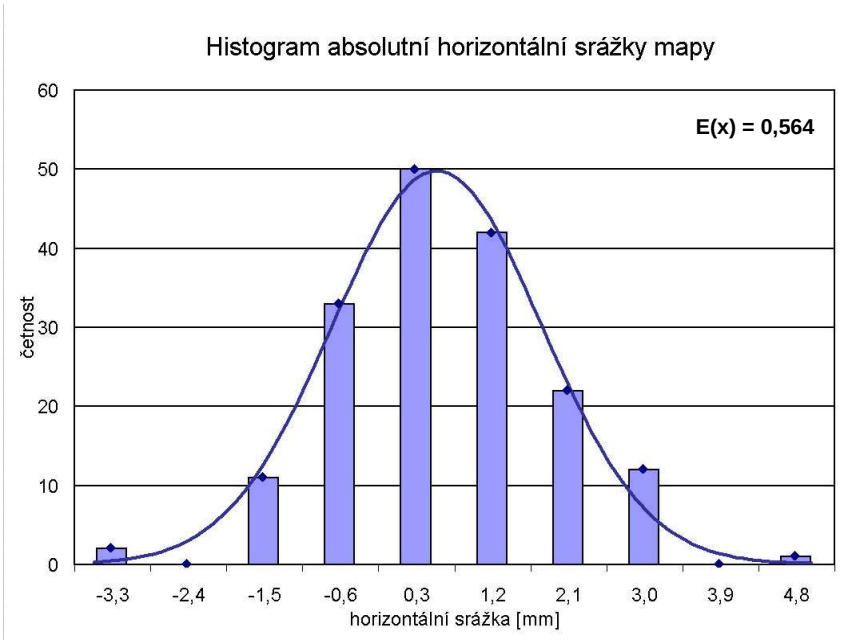
Tab. 3 Statistické zhodnocení srážky mapy

	Srážka mapy			
	absolutní [mm]		relativní [%]	
	horizontální	vertikální	horizontální	vertikální
Počet prvků	173	173	173	173
Aritmetický průměr	0,61	-1,51	99,871	100,319
Směrodatná odchylka σ	1,28	1,02	0,263	0,265
Rozptyl σ^2	1,64	1,04	0,07	0,07
Minimum	-3,4	-4,3	98,99	98,81
Maximum	4,9	4,4	100,68	101,16

7.3.1.2 Normální rozdělení absolutní horizontální srážky mapy

Tab. 4 Četností absolutní horizontální srážky mapy

interval	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
střed intervalu	-3,3	-2,4	-1,5	-0,6	0,3	1,2	2,1	3,0	3,9	4,8
četnost	2	0	11	33	50	42	22	12	0	1
										173

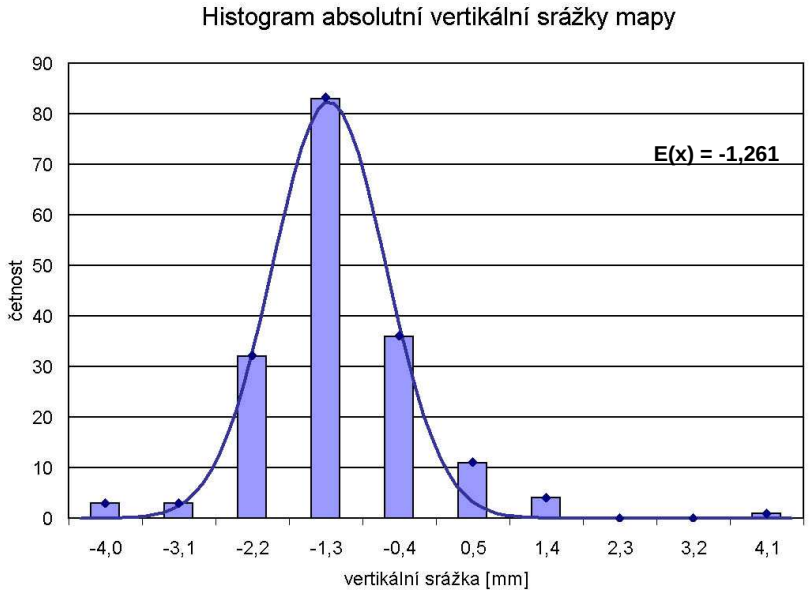


Obr. 11 Histogram absolutní horizontální srážky mapy

7.3.1.3 Normální rozdělení absolutní vertikální srážky mapy

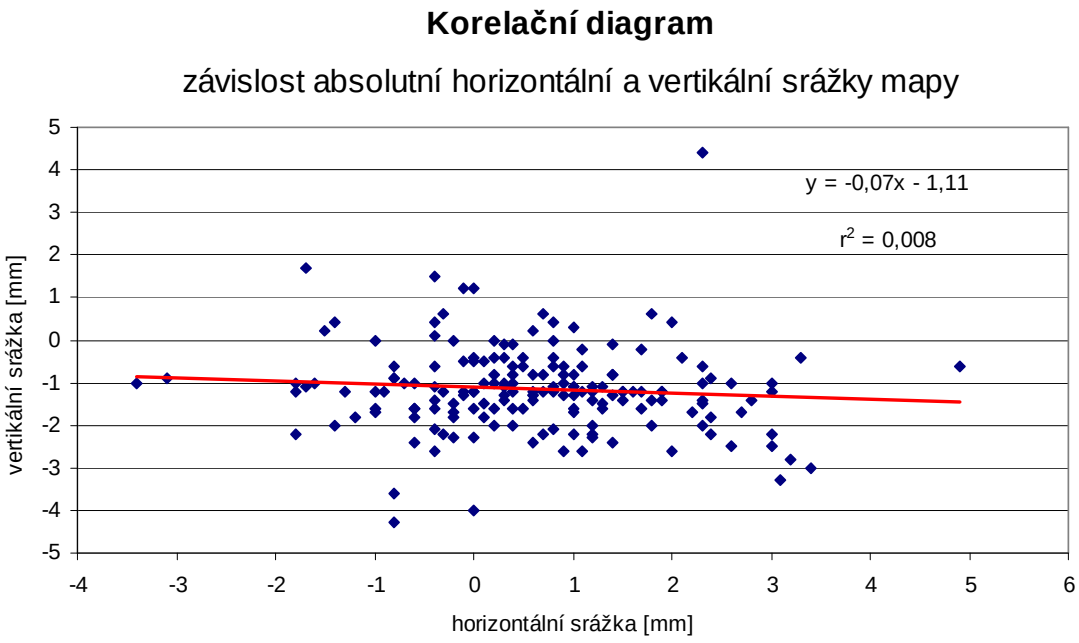
Tab. 5 Četnosti absolutní vertikální srážky mapy

interval	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
střed intervalu	-4,0	-3,1	-2,2	-1,3	-0,4	0,5	1,4	2,3	3,2	4,1
četnost	3	3	32	83	36	11	4	0	0	1
										173



Obr. 12 Histogram absolutní vertikální srážky mapy

7.3.1.4 Regrese a korelace mezi horizontální a vertikální srážkou mapy



Obr. 13 Korelační diagram – závislost horizontální a vertikální srážky mapy

7.3.2 Přesnost transformace před eliminací srážky mapového listu

Tab.6 Přesnost transformace před eliminací srážky mapového listu

Číslo mapy	Název mapy	Chyby transformace původního rastru					
		my	mx	m	my	mx	m
		[metry]			[mm] v mapě		
3552	Lobendava	25,0	33,2	41,6	0,3	0,4	0,6
3553	Sluknov	20,1	38,0	43,0	0,3	0,5	0,6
3554	Cernousy	42,1	50,0	65,4	0,6	0,7	0,9
3652	Podmokly	77,2	92,7	120,6	1,0	1,2	1,6
3653	Varnsdorf	26,9	33,3	42,9	0,4	0,4	0,6
3654	Liberec	48,7	61,7	78,7	0,6	0,8	1,0
3655	Harrachov	40,9	51,3	65,6	0,5	0,7	0,9
3750	Hora sv. Sebestiana	37,1	39,2	54,0	0,5	0,5	0,7
3751	Teplice Sanov	40,0	46,1	61,0	0,5	0,6	0,8
3752	Litomerice	33,2	37,7	50,2	0,4	0,5	0,7
3753	Ceska Lipa	23,5	22,7	32,7	0,3	0,3	0,4
3754	Turnov	38,9	47,6	61,5	0,5	0,6	0,8
3755	Vrchlabi	54,0	67,2	86,2	0,7	0,9	1,1
3756	Trutnov	26,8	30,4	40,6	0,4	0,4	0,5
3757	Broumov	17,5	19,8	26,4	0,2	0,3	0,4
3848	Rossbach	17,0	16,7	23,8	0,2	0,2	0,3
3849	Kraslice	36,6	45,1	58,1	0,5	0,6	0,8
3850	Kadan	41,2	45,6	61,5	0,5	0,6	0,8
3851	Chomutov	13,2	12,2	18,0	0,2	0,2	0,2
3852	Roudnice nad Labem	37,3	48,7	61,3	0,5	0,6	0,8
3853	Melnik	51,1	59,7	78,6	0,7	0,8	1,0
3854	Mlada Boleslav	58,0	72,3	92,7	0,8	1,0	1,2
3855	Jicin	52,1	66,1	84,2	0,7	0,9	1,1
3856	Nachod	39,3	44,2	59,1	0,5	0,6	0,8
3857	Kunstat	12,6	35,3	37,5	0,2	0,5	0,5
3858	Javornik	53,9	64,8	84,3	0,7	0,9	1,1
3859	Cukmantl	54,1	64,8	84,4	0,7	0,9	1,1
3948	As	38,7	46,8	60,7	0,5	0,6	0,8
3949	Cheb	15,1	14,2	20,7	0,2	0,2	0,3
3950	Karlovy Vary	68,6	84,8	109,1	0,9	1,1	1,5
3951	Rakovnik	30,2	37,9	48,5	0,4	0,5	0,6
3952	Kladno	36,3	32,8	48,9	0,5	0,4	0,7
3953	Praha	62,4	71,7	95,0	0,8	1,0	1,3
3954	Kolin	62,1	78,7	100,2	0,8	1,0	1,3
3955	Pardubice	18,0	20,7	27,5	0,2	0,3	0,4
3956	Rychnov nad Kneznou	52,9	66,8	85,2	0,7	0,9	1,1
3957	Zamberk	5,6	12,6	13,8	0,1	0,2	0,2
3958	Frývaldov	14,1	6,4	15,5	0,2	0,1	0,2
3959	Krnov	30,5	34,1	45,7	0,4	0,5	0,6
3960	Sudice	39,6	54,6	67,4	0,5	0,7	0,9
4049	Marianske Lazne	45,1	29,3	53,8	0,6	0,4	0,7
4050	Město Tepla	55,5	67,9	87,7	0,7	0,9	1,2
4051	Kralovice	48,6	60,7	77,7	0,6	0,8	1,0
4052	Beroun	47,8	59,4	76,2	0,6	0,8	1,0
4053	Benesov u Prahy	64,9	82,1	104,7	0,9	1,1	1,4
4054	Kutna Hora	63,0	77,7	100,0	0,8	1	1,3

Číslo mapy	Název mapy	Chyby transformace původního rastru					
		my	mx	m	my	mx	m
		[metry]			[mm] v mapě		
4055	Chrudim	45,7	55,1	71,6	0,6	0,7	1,0
4056	Vysoke Myto	29,7	38,6	48,7	0,4	0,5	0,6
4057	Ceska Trebova	48,2	19,5	52,0	0,6	0,3	0,7
4058	Sumperk	10,7	10,6	15,0	0,1	0,1	0,2
4059	Bruntal	65,2	81,9	104,7	0,9	1,1	1,4
4149	Primda	21,8	24,1	32,4	0,3	0,3	0,4
4150	Horsovsky Tyn	33,8	41,2	53,3	0,5	0,5	0,7
4151	Plzen	29,7	35,6	46,4	0,4	0,5	0,6
4152	Pribram	31,9	35,8	47,9	0,4	0,5	0,6
4153	Sedlcany	16,1	14,1	21,3	0,2	0,2	0,3
4154	Vlasim	70,2	90,1	114,2	0,9	1,2	1,5
4155	Nemecky Brod	85,7	108,2	138,1	1,1	1,4	1,8
4156	Policka	42,2	52,1	67,1	0,6	0,7	0,9
4157	Jevicko	65,3	91,5	112,4	0,9	1,2	1,5
4158	Olomouc	66,9	87,1	109,8	0,9	1,2	1,5
4159	Hranice	33,4	43,2	54,6	0,4	0,6	0,7
4160	Novy Jicin	60,2	76,7	97,5	0,8	1,0	1,3
4161	Frydek	77,9	96,5	124,0	1,0	1,3	1,7
4162	Hrcava	13,0	11,3	17,3	0,2	0,2	0,2
4163	Polhora	42,1	54,0	68,5	0,6	0,7	0,9
4249	Klenec pod Cechovem	21,0	16,0	26,4	0,3	0,2	0,4
4250	Klatovy	37,3	49,5	62,0	0,5	0,7	0,8
4251	Horazdovice	25,5	37,1	45,0	0,3	0,5	0,6
4252	Pisek	15,6	13,4	20,6	0,2	0,2	0,3
4253	Tabor	36,8	58,0	68,7	0,5	0,8	0,9
4254	Pelhrimov	45,2	48,2	66,0	0,6	0,6	0,9
4255	Jihlava	42,3	49,8	65,4	0,6	0,7	0,9
4256	Velke Mezirici	23,7	30,8	38,8	0,3	0,4	0,5
4257	Boskovice	45,1	57,2	72,8	0,6	0,8	1,0
4258	Prostejov	80,3	102,8	130,5	1,1	1,4	1,7
4259	Prerov	51,6	66,1	83,9	0,7	0,9	1,1
4260	Vsetin	84,3	109,4	138,1	1,1	1,5	1,8
4261	Turzovka	35,3	46,7	58,5	0,5	0,6	0,8
4262	Stara Bystrica	51,2	51,9	72,9	0,7	0,7	1,0
4263	Tvrdosin	23,8	30,6	38,8	0,3	0,4	0,5
4264	Zdiar	35,7	45,7	58,0	0,5	0,6	0,8
4265	Stara Lubovna	69,6	86,8	111,2	0,9	1,2	1,5
4266	Bardejov	17,0	18,4	25,0	0,2	0,2	0,3
4267	Vysoky Svidnik	15,9	21,0	26,4	0,2	0,3	0,4
4268	Medzilaborce	24,5	33,5	41,5	0,3	0,4	0,6
4350	Zelezna Ruda	52,6	70,6	88,1	0,7	0,9	1,2
4351	Susice	69,9	90,3	114,2	0,9	1,2	1,5
4352	Prachatice	35,4	43,6	56,2	0,5	0,6	0,7
4353	Trebon	44,5	56,1	71,6	0,6	0,7	1,0
4354	Jindrichuv Hradec	105,8	131,7	169,0	1,4	1,8	2,3
4355	Moravske Budejovice	38,6	43,7	58,3	0,5	0,6	0,8
4356	Trebic	60,4	60,5	85,5	0,8	0,8	1,1
4357	Brno	57,1	75,9	94,9	0,8	1,0	1,3

Číslo mapy	Název mapy	Chyby transformace původního rastru					
		my	mx	m	my	mx	m
		[metry]			[mm] v mapě		
4358	Slavkov u Brna	14,9	13,2	19,9	0,2	0,2	0,3
4359	Uherske Hradiste	51,2	63,5	81,5	0,7	0,8	1,1
4360	Vizovice	87,1	112,8	142,5	1,2	1,5	1,9
4361	Zilina	51,7	66,4	84,1	0,7	0,9	1,1
4362	Ruzomberok	58,5	75,2	95,2	0,8	1,0	1,3
4363	Liptovsky sv. Mikulas	46,2	58,0	74,2	0,6	0,8	1,0
4364	Vysoke Tatry	20,9	19,6	28,7	0,3	0,3	0,4
4365	Levoca	28,0	32,1	42,6	0,4	0,4	0,6
4366	Presov	49,3	52,5	72,0	0,7	0,7	1,0
4367	Giraltovice	45,9	62,0	77,1	0,6	0,8	1,0
4368	Papín	37,1	40,3	54,8	0,5	0,5	0,7
4369	Ruské	21,3	12,8	24,8	0,3	0,2	0,3
4451	Kunzvart	23,0	29,5	37,4	0,3	0,4	0,5
4452	Cesky Krumlov	24,3	45,9	52,0	0,3	0,6	0,7
4453	Ceske Budejovice	104,4	133,6	169,6	1,4	1,8	2,3
4454	Ceske Velenice	18,0	16,6	24,5	0,2	0,2	0,3
4455	Slavonice	75,3	96,8	122,6	1,0	1,3	1,6
4456	Znojmo	39,8	45,7	60,6	0,5	0,6	0,8
4457	Mikulov	18,6	21,8	28,7	0,2	0,3	0,4
4458	Hodonin	40,3	42,5	58,6	0,5	0,6	0,8
4459	Nove Mesto nad Vahom	18,0	23,3	29,4	0,2	0,3	0,4
4460	Trencin	24,9	35,0	43,0	0,3	0,5	0,6
4461	Prievidza	49,0	62,9	79,7	0,7	0,8	1,1
4462	Mosovce	29,0	37,5	47,4	0,4	0,5	0,6
4463	Brezno nad Hronom	45,8	57,5	73,7	0,6	0,8	1,0
4464	Pohorela	7,0	16,1	17,5	0,1	0,2	0,2
4465	Spisska Nova Ves	33,9	44,5	56,0	0,5	0,6	0,7
4466	Gelnica	30,7	33,2	45,2	0,4	0,4	0,6
4467	Vranov nad Toplou	20,2	30,7	36,7	0,3	0,4	0,5
4468	Humenne	40,0	53,9	67,2	0,5	0,7	0,9
4469	Velky Brezny	36,9	35,7	51,4	0,5	0,5	0,7
4470	Nizny Verecky	14,2	20,9	25,3	0,2	0,3	0,3
4552	Vyssi Brod	29,6	44,6	53,5	0,4	0,6	0,7
4553	Kaplice	37,0	42,0	56,0	0,5	0,6	0,7
4556	Jecmeniste	25,1	30,4	39,5	0,3	0,4	0,5
4557	Valtice	70,2	80,0	106,5	0,9	1,1	1,4
4558	Lanzhot	9,2	8,5	12,5	0,1	0,1	0,2
4559	Piestany	29,4	37,5	47,6	0,4	0,5	0,6
4560	Topolcany	50,9	58,4	77,5	0,7	0,8	1,0
4561	Handlova	95,0	121,7	154,4	1,3	1,6	2,1
4562	Banska Bystrica	29,0	30,7	42,3	0,4	0,4	0,6
4563	Detva	58,6	77,4	97,1	0,8	1,0	1,3
4564	Revuca	55,1	71,9	90,6	0,7	1,0	1,2
4565	Roznava	27,9	31,8	42,3	0,4	0,4	0,6
4566	Kosice	19,7	25,9	32,6	0,3	0,3	0,4
4567	Trebisov	45,0	59,1	74,3	0,6	0,8	1,0
4568	Uzhorod	54,6	72,7	90,9	0,7	1,0	1,2
4569	Seredne	30,5	34,3	45,9	0,4	0,5	0,6

Číslo mapy	Název mapy	Chyby transformace původního rastru					
		my	mx	m	my	mx	m
		[metry]			[mm] v mapě		
4570	Svalava	21,5	28,3	35,5	0,3	0,4	0,5
4571	Volove	18,8	21,3	28,4	0,3	0,3	0,4
4572	Prameniste Mokranky	26,9	27,3	38,8	0,4	0,4	0,5
4658	Malacky	15,9	22,1	27,2	0,2	0,3	0,4
4659	Trnava	22,3	26,9	35,0	0,3	0,4	0,5
4660	Nitra	21,9	28,4	35,8	0,3	0,4	0,5
4661	Nova Bana	18,3	26,9	32,5	0,2	0,4	0,4
4662	Banska Stiavnica	48,9	62,6	79,4	0,7	0,8	1,1
4663	Lučenec	24,6	31,5	40,0	0,3	0,4	0,5
4664	Rimavska sobota	16,0	19,1	24,9	0,2	0,3	0,3
4665	Bretka	26,2	27,6	38,1	0,3	0,4	0,5
4666	Ruzovy Dvor	26,8	21,1	34,1	0,4	0,3	0,5
4667	Cejkov	14,3	15,6	21,2	0,2	0,2	0,3
4668	Cop	20,6	24,3	31,9	0,3	0,3	0,4
4669	Mukacevo	7,6	6,0	9,7	0,1	0,1	0,1
4670	Bilky	28,3	37,3	46,8	0,4	0,5	0,6
4671	Horincovo	28,4	34,1	44,4	0,4	0,5	0,6
4672	Brustury	29,9	37,8	48,2	0,4	0,5	0,6
4758	Bratislava	66,6	86,9	109,5	0,9	1,2	1,5
4759	Senec	60,4	30,4	67,6	0,8	0,4	0,9
4760	Surany	31,2	27,2	41,4	0,4	0,4	0,6
4761	Levice	34,6	43,5	55,6	0,5	0,6	0,7
4762	Sahy	23,5	34,5	41,7	0,3	0,5	0,6
4763	Sklabina	41,5	48,8	64,1	0,6	0,7	0,9
4764	Hajnacka	42,5	55,9	70,2	0,6	0,7	0,9
4769	Berehovo	9,2	9,2	13,0	0,1	0,1	0,2
4858	Nezider	9,0	17,1	19,3	0,1	0,2	0,3
4860	Komarno	36,0	44,1	57,0	0,5	0,6	0,8
4861	Parkan	61,7	71,9	94,7	0,8	1,0	1,3
4862	Usti Iplu	20,5	30,3	36,6	0,3	0,4	0,5
4961	Radvan nad Dunajem	12,7	14,1	18,9	0,2	0,2	0,3

7.3.2.1 Statistické zhodnocení přesnosti transformace před eliminací srážky

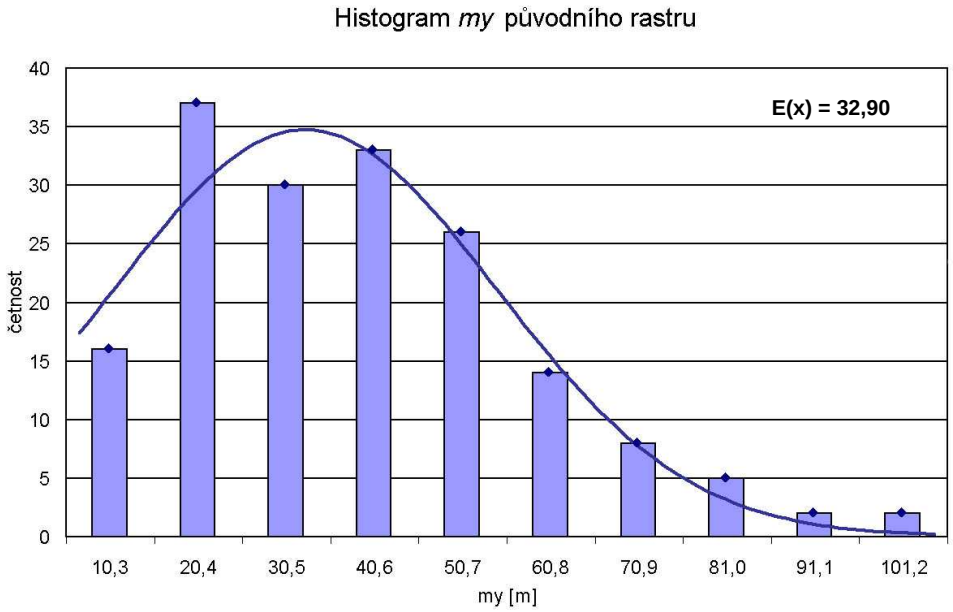
Tab. 7 Statistické zhodnocení přesnosti transformace před eliminací srážky

	Chyby transformace původního rastru					
	my	mx	m	my	mx	m
	[metry]			[mm] v mapě		
Počet prvků	173	173	173	173	173	173
Aritmetický průměr	38,68	46,99	61,08	0,51	0,63	0,82
Směrodatná odchylka σ	20,07	26,02	32,47	0,27	0,35	0,43
Rozptyl σ^2	402,85	677,20	1054,59	0,07	0,12	0,19
Minimum	5,6	6,0	9,7	0,1	0,1	0,1
Maximum	105,8	133,6	169,6	1,4	1,8	2,3

7.3.2.2 Normální rozdělení chyby m_y původního rastru

Tab. 8 Četnosti chyby m_y původního rastru

interval	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
střed intervalu	10,3	20,4	30,5	40,6	50,7	60,8	70,9	81,0	91,1	101,2
četnost	16	37	30	33	26	14	8	5	2	2
										173

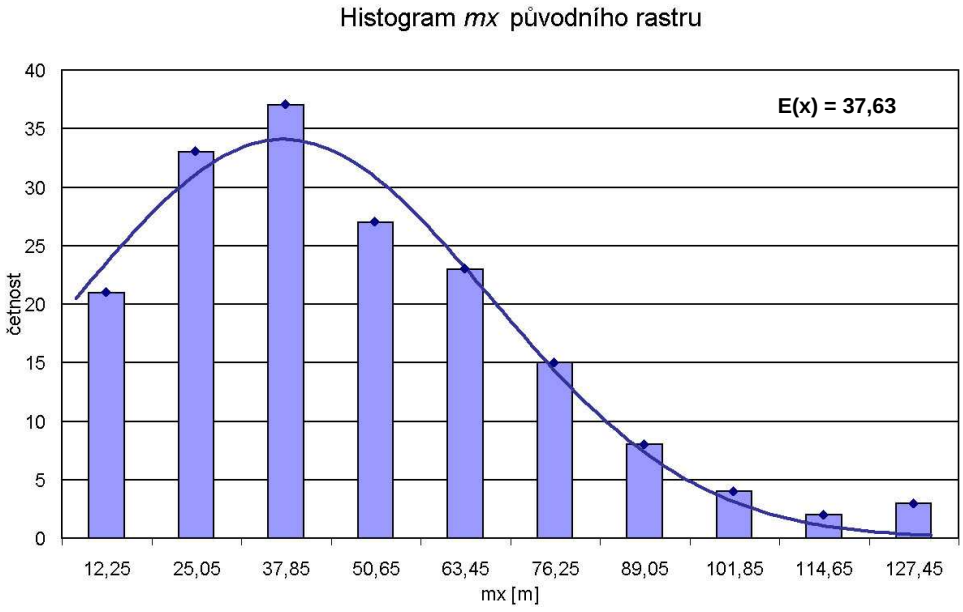


Obr. 14 Histogram chyby m_y původního rastru

7.3.2.3 Normální rozdělení chyby m_x původního rastru

Tab. 9 Četnosti chyby m_x původního rastru

interval	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
střed intervalu	12,25	25,05	37,85	50,65	63,45	76,25	89,05	101,85	114,65	127,45
četnost	21	33	37	27	23	15	8	4	2	3
										173

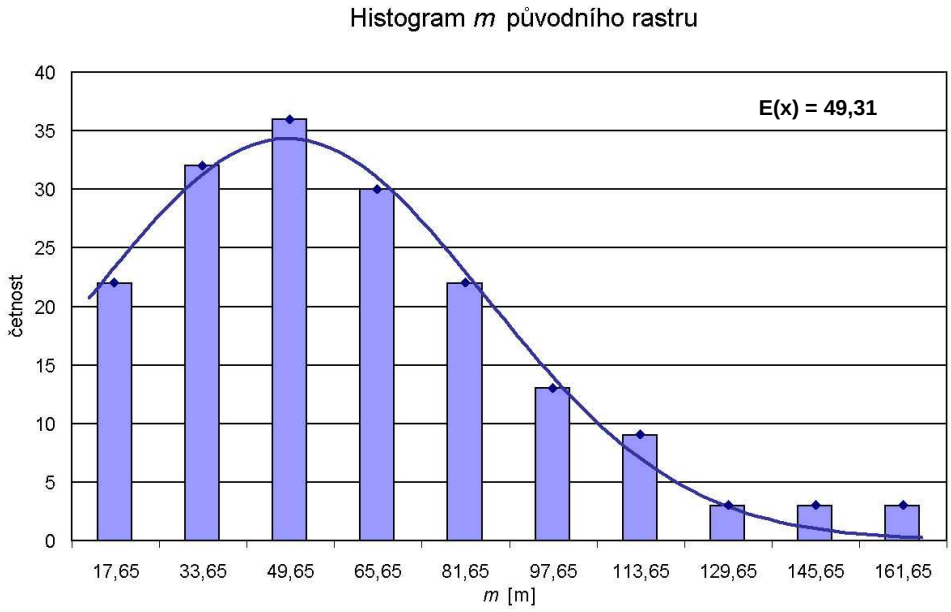


Obr. 15 Histogram chyby m_x původního rastru

7.3.2.4 Normální rozdělení chyby *m* původního rastru

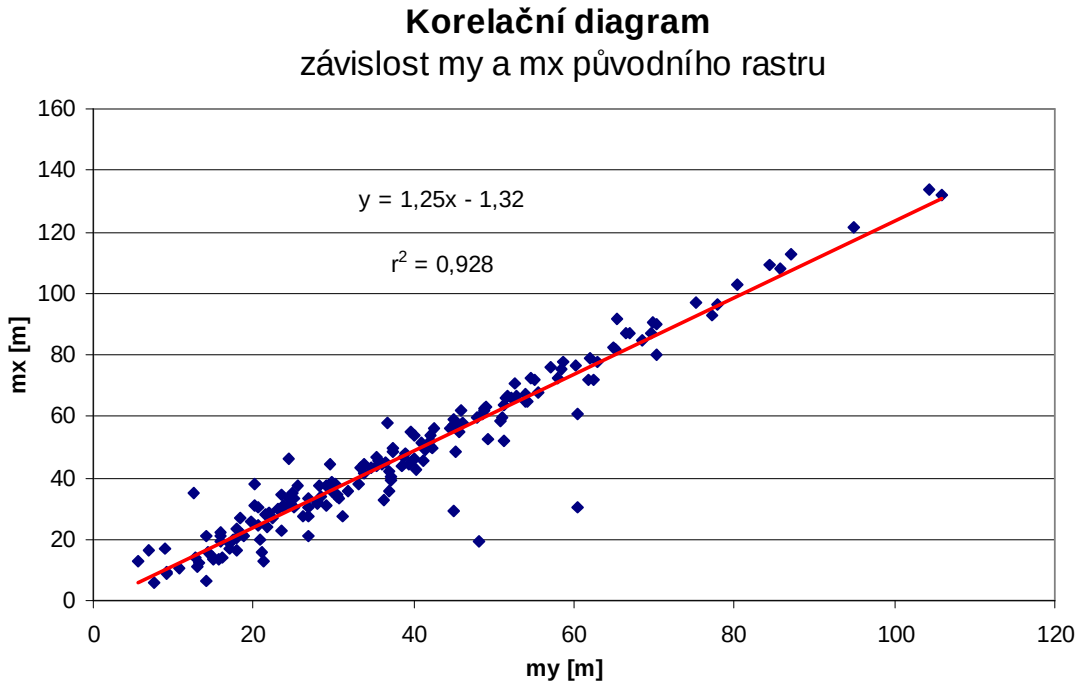
Tab. 10 Četnosti chyby *m* původního rastru

interval	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
střed intervalu	17,65	33,65	49,65	65,65	81,65	97,65	113,65	129,65	145,65	161,65
četnost	22	32	36	30	22	13	9	3	3	3
										173



Obr. 16 Histogram chyby m původního rastru

7.3.2.5 Regrese a korelace mezi m_y a m_x původního rastru



Obr. 17 Korelační diagram – závislost m_y a m_x původního rastru

7.3.3 Přesnost transformace po eliminaci srážky mapového listu

Tab. 11 Přesnost transformace po eliminaci srážky mapového listu

Číslo mapy	Název mapy	Chyby transformace rastru opraveného o srážku					
		my	mx	m	my	mx	m
		[metry]			[mm] v mapě		
3552	Lobendava	12,1	16,3	20,3	0,2	0,2	0,3
3553	Sluknov	8,5	30,8	32,0	0,1	0,4	0,4
3554	Cernousy	15,8	7,9	17,7	0,2	0,1	0,2
3652	Podmokly	18,1	16,1	24,2	0,2	0,2	0,3
3653	Varnsdorf	12,3	12,6	17,6	0,2	0,2	0,2
3654	Liberec	10,5	8,4	13,5	0,1	0,1	0,2
3655	Harrachov	2,8	3,7	4,6	0,0	0,0	0,1
3750	Hora sv. Sebestiana	26,8	19,5	33,2	0,4	0,3	0,4
3751	Teplice Sanov	19,5	15,3	24,8	0,3	0,2	0,3
3752	Litomerice	14,8	9,6	17,7	0,2	0,1	0,2
3753	Ceska Lipa	16,7	13,5	21,5	0,2	0,2	0,3
3754	Turnov	7,0	5,2	8,7	0,1	0,1	0,1
3755	Vrchlabi	12,5	13,9	18,8	0,2	0,2	0,3
3756	Trutnov	12,1	2,5	12,4	0,2	0,0	0,2
3757	Broumov	14,7	14,8	20,9	0,2	0,2	0,3
3848	Rossbach	14,6	14,3	20,4	0,2	0,2	0,3
3849	Kraslice	16,5	23,5	28,7	0,2	0,3	0,4
3850	Kadan	27,6	24,6	37,0	0,4	0,3	0,5
3851	Chomutov	11,0	9,6	14,6	0,1	0,1	0,2
3852	Roudnice nad Labem	13,8	18,0	22,7	0,2	0,2	0,3
3853	Melnik	21,7	10,5	24,1	0,3	0,1	0,3
3854	Mlada Boleslav	6,6	8,8	11,0	0,1	0,1	0,1
3855	Jicin	12,1	11,2	16,6	0,2	0,1	0,2
3856	Nachod	19,2	6,7	20,3	0,3	0,1	0,3
3857	Kunstat	11,3	34,4	36,2	0,2	0,5	0,5
3858	Javornik	18,0	17,4	25,1	0,2	0,2	0,3
3859	Cukmantl	20,9	10,7	23,5	0,3	0,1	0,3
3948	As	11,4	6,5	13,2	0,2	0,1	0,2
3949	Cheb	11,0	9,0	14,3	0,1	0,1	0,2
3950	Karlovy Vary	8,5	5,4	10,1	0,1	0,1	0,1
3951	Rakovnik	5,1	1,2	5,3	0,1	0,0	0,1
3952	Kladno	28,8	22,8	36,7	0,4	0,3	0,5
3953	Praha	25,7	20,1	32,6	0,3	0,3	0,4
3954	Kolin	0,6	3,9	3,9	0,0	0,1	0,1
3955	Pardubice	9,6	10,2	14,0	0,1	0,1	0,2
3956	Rychnov nad Kneznou	5,9	8,4	10,2	0,1	0,1	0,1
3957	Zamberk	3,3	11,3	11,7	0,0	0,2	0,2
3958	Frývaldov	14,2	6,7	15,8	0,2	0,1	0,2
3959	Krnov	21,2	20,5	29,5	0,3	0,3	0,4
3960	Sudice	9,2	23,8	25,5	0,1	0,3	0,3
4049	Marianske Lazne	38,6	8,3	39,5	0,5	0,1	0,5
4050	Město Tepla	17,8	17,5	25,0	0,2	0,2	0,3
4051	Kralovice	7,7	5,6	9,5	0,1	0,1	0,1
4052	Beroun	12,3	16,4	20,5	0,2	0,2	0,3
4053	Benesov u Prahy	17,0	16,0	23,3	0,2	0,2	0,3
4054	Kutna Hora	13,7	7,8	15,8	0,2	0,1	0,2

Číslo mapy	Název mapy	Chyby transformace rastru opraveného o srážku					
		my	mx	m	my	mx	m
		[metry]			[mm] v mapě		
4055	Chrudim	13,9	11,3	17,9	0,2	0,2	0,2
4056	Vysoke Myto	11,8	15,0	19,1	0,2	0,2	0,3
4057	Ceska Trebova	47,5	16,9	50,4	0,6	0,2	0,7
4058	Sumperk	7,5	4,8	8,9	0,1	0,1	0,1
4059	Bruntal	25,5	23,1	34,5	0,3	0,3	0,5
4149	Primda	13,2	5,9	14,5	0,2	0,1	0,2
4150	Horsovsky Tyn	15,5	13,4	20,5	0,2	0,2	0,3
4151	Plzen	10,1	8,2	13,0	0,1	0,1	0,2
4152	Pribram	16,4	14,1	21,7	0,2	0,2	0,3
4153	Sedlcany	16,1	14,0	21,3	0,2	0,2	0,3
4154	Vlasim	5,0	5,8	7,7	0,1	0,1	0,1
4155	Nemecky Brod	12,5	3,3	12,9	0,2	0,0	0,2
4156	Policka	18,4	13,4	22,8	0,2	0,2	0,3
4157	Jevicko	17,3	41,6	45,1	0,2	0,6	0,6
4158	Olomouc	16,7	24,2	29,4	0,2	0,3	0,4
4159	Hranice	5,4	4,5	7,0	0,1	0,1	0,1
4160	Novy Jicin	20,1	29,3	35,6	0,3	0,4	0,5
4161	Frydek	18,6	13,2	22,8	0,2	0,2	0,3
4162	Hrcava	12,9	11,1	17,0	0,2	0,1	0,2
4163	Polhora	6,6	9,2	11,3	0,1	0,1	0,2
4249	Klenec pod Cechovem	20,5	16,0	26,0	0,3	0,2	0,3
4250	Klatovy	9,4	21,4	23,3	0,1	0,3	0,3
4251	Horazdovice	6,7	18,0	19,2	0,1	0,2	0,3
4252	Pisek	13,6	7,7	15,6	0,2	0,1	0,2
4253	Tabor	21,2	40,8	46,0	0,3	0,5	0,6
4254	Pelhrimov	26,4	6,5	27,2	0,4	0,1	0,4
4255	Jihlava	27,4	21,0	34,5	0,4	0,3	0,5
4256	Velke Mezirici	0,6	3,5	3,6	0,0	0,0	0,0
4257	Boskovice	15,6	11,4	19,3	0,2	0,2	0,3
4258	Prostejov	22,9	20,5	30,7	0,3	0,3	0,4
4259	Prerov	4,9	3,7	6,1	0,1	0,0	0,1
4260	Vsetin	16,9	21,4	27,3	0,2	0,3	0,4
4261	Turzovka	14,5	23,3	27,5	0,2	0,3	0,4
4262	Stara Bystrica	42,6	33,0	53,9	0,6	0,4	0,7
4263	Tvrdosin	15,8	21,3	26,6	0,2	0,3	0,4
4264	Zdiar	7,7	9,4	12,2	0,1	0,1	0,2
4265	Stara Lubovna	24,7	16,4	29,7	0,3	0,2	0,4
4266	Bardejov	10,0	3,8	10,7	0,1	0,1	0,1
4267	Vysoky Svidnik	11,2	14,7	18,5	0,1	0,2	0,2
4268	Medzilaborce	11,8	18,4	21,9	0,2	0,2	0,3
4350	Zelezna Ruda	5,0	18,5	19,1	0,1	0,2	0,3
4351	Susice	17,8	13,0	22,0	0,2	0,2	0,3
4352	Prachatice	10,8	5,6	12,1	0,1	0,1	0,2
4353	Trebon	8,4	8,8	12,2	0,1	0,1	0,2
4354	Jindrichuv Hradec	21,7	13,2	25,4	0,3	0,2	0,3
4355	Moravske Budejovice	20,1	14,5	24,8	0,3	0,2	0,3
4356	Trebic	37,8	14,8	40,6	0,5	0,2	0,5
4357	Brno	6,7	16,4	17,7	0,1	0,2	0,2

Číslo mapy	Název mapy	Chyby transformace rastru opraveného o srážku					
		my	mx	m	my	mx	m
		[metry]			[mm] v mapě		
4358	Slavkov u Brna	12,7	7,0	14,5	0,2	0,1	0,2
4359	Uherske Hradiste	15,1	2,5	15,3	0,2	0,0	0,2
4360	Vizovice	9,2	7,0	11,5	0,1	0,1	0,2
4361	Zilina	6,8	6,4	9,3	0,1	0,1	0,1
4362	Ruzomberok	8,4	9,2	12,5	0,1	0,1	0,2
4363	Liptovsky sv. Mikulas	15,1	12,2	19,4	0,2	0,2	0,3
4364	Vysoke Tatry	20,6	19,2	28,1	0,3	0,3	0,4
4365	Levoca	14,0	4,1	14,6	0,2	0,1	0,2
4366	Presov	29,5	10,0	31,1	0,4	0,1	0,4
4367	Giraltovice	8,2	18,6	20,4	0,1	0,2	0,3
4368	Papín	23,5	17,1	29,1	0,3	0,2	0,4
4369	Ruské	20,8	11,1	23,6	0,3	0,1	0,3
4451	Kunzvart	4,6	7,5	8,8	0,1	0,1	0,1
4452	Cesky Krumlov	7,2	34,3	35,1	0,1	0,5	0,5
4453	Ceske Budejovice	9,4	8,5	12,6	0,1	0,1	0,2
4454	Ceske Velenice	12,9	5,8	14,1	0,2	0,1	0,2
4455	Slavonice	8,8	2,1	9,1	0,1	0,0	0,1
4456	Znojmo	19,1	10,6	21,8	0,3	0,1	0,3
4457	Mikulov	10,0	4,8	11,1	0,1	0,1	0,1
4458	Hodonin	24,7	12,3	27,6	0,3	0,2	0,4
4459	Nove Mesto nad Vahom	11,1	13,1	17,2	0,1	0,2	0,2
4460	Trencin	22,2	32,4	39,3	0,3	0,4	0,5
4461	Prievidza	11,1	6,1	12,7	0,1	0,1	0,2
4462	Mosovce	4,9	2,9	5,7	0,1	0,0	0,1
4463	Brezno nad Hronom	15,6	14,6	21,3	0,2	0,2	0,3
4464	Pohorela	4,9	14,9	15,7	0,1	0,2	0,2
4465	Spisska Nova Ves	9,7	14,5	17,4	0,1	0,2	0,2
4466	Gelnica	19	10,8	21,8	0,3	0,1	0,3
4467	Vranov nad Toplou	20,2	30,7	36,7	0,3	0,4	0,5
4468	Humenne	7,7	15,1	16,9	0,1	0,2	0,2
4469	Velky Brezny	27,9	17,0	32,6	0,4	0,2	0,4
4470	Nizny Verecky	12,4	18,9	22,6	0,2	0,3	0,3
4552	Vyssi Brod	10,9	24,6	26,9	0,1	0,3	0,4
4553	Kaplice	17,3	6,9	18,7	0,2	0,1	0,2
4556	Jecmeniste	9,4	1,9	9,6	0,1	0,0	0,1
4557	Valtice	32,1	17,0	36,3	0,4	0,2	0,5
4558	Lanzhot	6,9	4,4	8,2	0,1	0,1	0,1
4559	Piestany	14,0	14,0	19,7	0,2	0,2	0,3
4560	Topolcany	27,5	22,4	35,5	0,4	0,3	0,5
4561	Handlova	13,6	10,9	17,4	0,2	0,1	0,2
4562	Banska Bystrica	18,9	11,1	22,0	0,3	0,1	0,3
4563	Detva	7,3	10,2	12,5	0,1	0,1	0,2
4564	Revuca	5,4	5,6	7,8	0,1	0,1	0,1
4565	Roznava	15,8	9,5	18,4	0,2	0,1	0,2
4566	Kosice	1,9	1,7	2,6	0,0	0,0	0,0
4567	Trebisov	4,6	3,5	5,8	0,1	0,0	0,1
4568	Uzhorod	9,0	7,2	11,5	0,1	0,1	0,2
4569	Seredne	18,2	12,6	22,1	0,2	0,2	0,3

Číslo mapy	Název mapy	Chyby transformace rastru opraveného o srážku					
		my	mx	m	my	mx	m
		[metry]			[mm] v mapě		
4570	Svalava	8,9	11,7	14,7	0,1	0,2	0,2
4571	Volove	15,4	15,5	21,9	0,2	0,2	0,3
4572	Prameniste Mokranky	17,6	4,8	18,2	0,2	0,1	0,2
4658	Malacky	3,0	8,8	9,3	0,0	0,1	0,1
4659	Trnava	9,1	6,6	11,2	0,1	0,1	0,1
4660	Nitra	5,3	4,3	6,9	0,1	0,1	0,1
4661	Nova Bana	9,4	16,2	18,7	0,1	0,2	0,2
4662	Banska Stiavnica	22,9	29,7	37,5	0,3	0,4	0,5
4663	Lučenec	11,6	11,9	16,6	0,2	0,2	0,2
4664	Rimavska sobota	8,9	6,3	10,9	0,1	0,1	0,1
4665	Bretka	18,0	13,1	22,3	0,2	0,2	0,3
4666	Ruzovy Dvor	22,1	6,0	23,0	0,3	0,1	0,3
4667	Cejkov	9,9	8,0	12,8	0,1	0,1	0,2
4668	Cop	9,9	2,7	10,2	0,1	0,0	0,1
4669	Mukacevo	7,6	6,0	9,7	0,1	0,1	0,1
4670	Bilky	8,4	9,7	12,8	0,1	0,1	0,2
4671	Horincovo	13,4	5,8	14,6	0,2	0,1	0,2
4672	Brustury	10,5	5,7	12,0	0,1	0,1	0,2
4758	Bratislava	10,5	12,5	16,3	0,1	0,2	0,2
4759	Senec	55,9	2,6	56,0	0,7	0,0	0,7
4760	Surany	30,9	25,7	40,2	0,4	0,3	0,5
4761	Levice	12,0	4,5	12,8	0,2	0,1	0,2
4762	Sahy	10,0	21,1	23,4	0,1	0,3	0,3
4763	Sklabina	19,0	2,1	19,2	0,3	0,0	0,3
4764	Hajnacka	14,9	16,4	22,2	0,2	0,2	0,3
4769	Berehovo	7,7	6,3	9,9	0,1	0,1	0,1
4858	Nezider	8,8	17,0	19,1	0,1	0,2	0,3
4860	Komarno	13,7	9,7	16,8	0,2	0,1	0,2
4861	Parkan	30,0	16,3	34,2	0,4	0,2	0,5
4862	Usti Iplu	8,7	18,2	20,1	0,1	0,2	0,3
4961	Radvan nad Dunajem	9,2	8,7	12,7	0,1	0,1	0,2

7.3.3.1 Statistické zhodnocení přesnosti transformace po eliminaci srážky

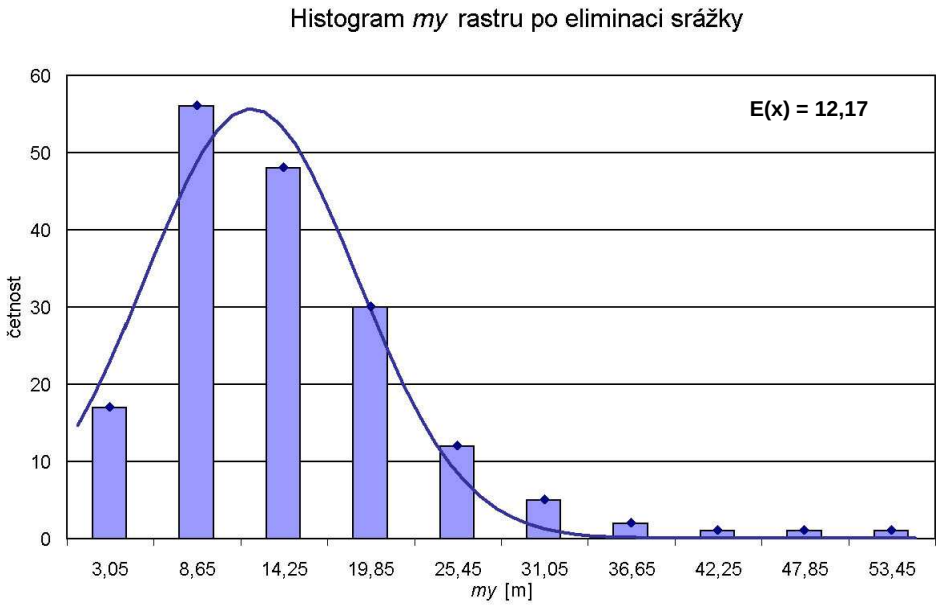
Tab. 12 Statistické zhodnocení přesnosti transformace po eliminaci srážky

	Chyby transformace původního rastru					
	my	mx	m	my	mx	m
	[metry]			[mm] v mapě		
Počet prvků	173	173	173	173	173	173
Aritmetický průměr	14,60	12,83	20,25	0,19	0,17	0,27
Směrodatná odchylka σ	8,44	7,87	10,07	0,12	0,11	0,14
Rozptyl σ^2	71,27	61,93	101,42	0,01	0,01	0,02
Minimum	0,6	1,2	2,6	0,0	0,0	0,0
Maximum	55,9	41,6	56,0	0,7	0,6	0,7

7.3.3.2 Normální rozdělení chyby m_y rastru po eliminaci srážky

Tab. 13 Četnost chyby m_y rastru po eliminaci srážky

interval	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
střed intervalu	3,05	8,65	14,25	19,85	25,45	31,05	36,65	42,25	47,85	53,45
četnost	17	56	48	30	12	5	2	1	1	1
										173

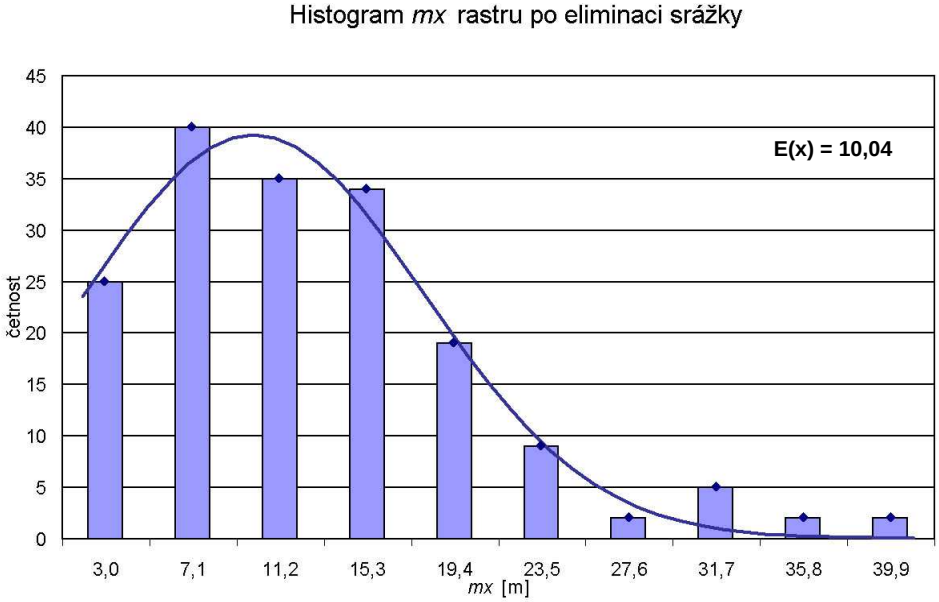


Obr. 18 Histogram chyby m_y rastru po eliminaci srážky

7.3.3.3 Normální rozdělení chyby m_x rastru po eliminaci srážky

Tab. 14 Četnost chyby m_x rastru po eliminaci srážky

interval	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
střed intervalu	3	7,1	11,2	15,3	19,4	23,5	27,6	31,7	35,8	39,9
četnost	25	40	35	34	19	9	2	5	2	2
										173

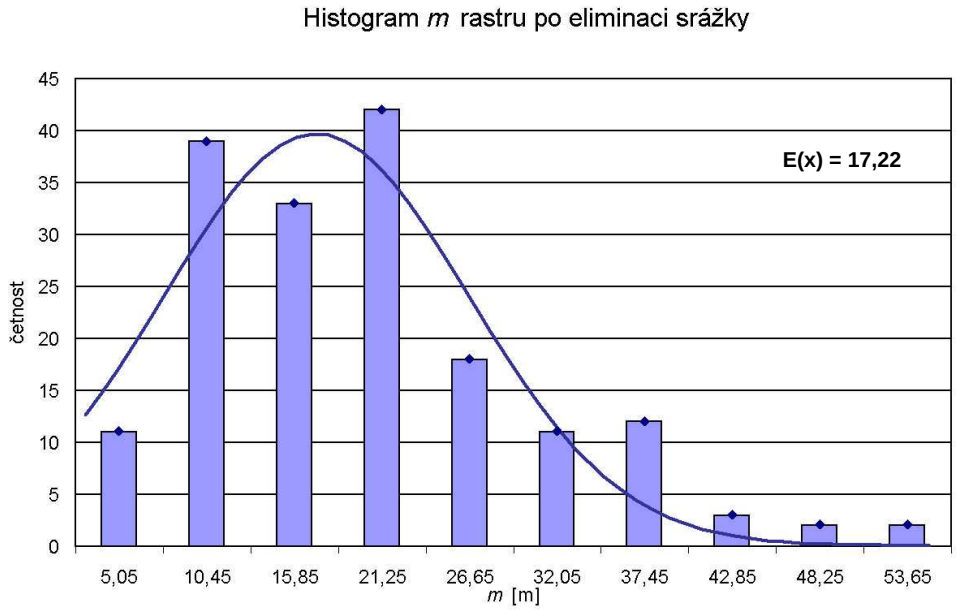


Obr. 19 Histogram chyby m_x rastru po eliminaci srážky

7.3.3.4 Normální rozdělení chyby *m* rastru po eliminaci srážky

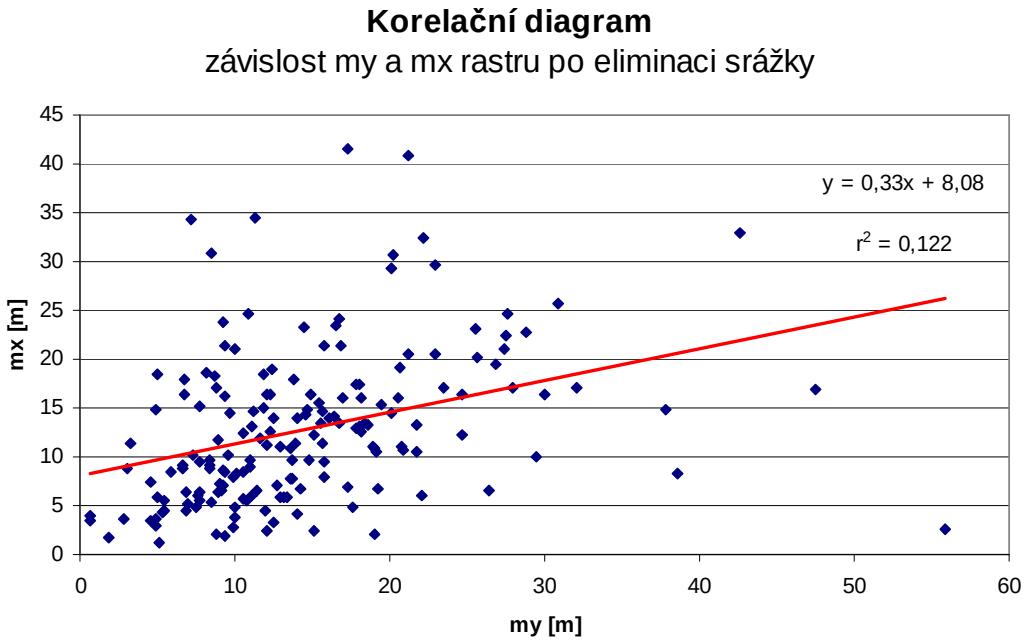
Tab. 15 Četnost chyby *m* rastru po eliminaci srážky

interval	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
střed intervalu	5,05	10,45	15,85	21,25	26,65	32,05	37,45	42,85	48,25	53,65
četnost	11	39	33	42	18	11	12	3	2	2
										173



Obr. 20 Histogram chyby m rastru po eliminaci srážky

7.3.3.5 Regrese a korelace mezi m_y a m_x rastru po eliminaci srážky



Obr. 21 Korelační diagram – závislost m_y a m_x rastru po eliminaci srážky

8. ZÁVĚR

Cílem práce bylo zjistit, zda početní eliminace srážky jednotlivých listů speciální mapy SM75 III. vojenského mapování ovlivní výslednou přesnost Helmertovy transformace pomocí statistických metod, regresní a korelační analýzy.

Ke sběru dat byl použit software KOKEŠ 8.61, zpracování měřených dat bylo provedeno v softwaru MATKART – program VB171E a konečná analýza výstupů byla provedena v prostředí programu Microsoft Office Excel 2003.

Z provedených výpočtů je patrné, že výsledné absolutní hodnoty srážky mapových listů dosahují průměrně 0,6 mm u horizontální srážky a -1,5 mm u srážky vertikální. Minima a maxima dosahují -3,4 mm a 4,9 mm u srážky horizontální a -4,3 a 4,4 u srážky vertikální (viz Tab. 3).

Z Gaussových křivek pro horizontální srážku (viz Obr. 11) a pro vertikální srážku (viz Obr. 12) je na první pohled patrné, že tvar křivky odpovídá normálnímu rozdělení pravděpodobnosti.

Z korelačního diagramu srážek (viz Obr. 13) není patrná žádná vzájemná korelace mezi horizontální a vertikální složkou srážky mapy. Regresní přímka má rovnici $y = -0{,}07\,x - 1{,}11$ a korelační koeficient nabývá hodnoty $r = 0{,}08978$.

Střední kvadratické chyby transformace mapových listů, u kterých nebyla eliminována srážka dosahují průměrných hodnot 38,68 m v ose *Y* a 46,99 m v ose *X*. Celková chyba *m* nabývá průměrně hodnoty 61,08 m. V měřítku mapy tyto hodnoty představují 0,51 mm v ose *Y*, 0,63 mm v ose *X*, celkově se pak $m = 0{,}8$ mm (viz Tab. 7). Velikost těchto chyb poukazuje na skutečnost, že použití Helmertovy transformace není příliš vhodné, pokud požadujeme eliminaci nepravidelných zkreslení.

Pokud ovšem provedeme předem početní eliminaci srážky mapy a poté posoudíme přesnost Helmertovy transformace, zjistíme, že střední kvadratické chyby klesnou o více než třetinu. Jejich hodnoty pak dosahují 14,60 m v ose *Y*, 12,83 m v ose *X* a celkem pak 20,25 m. Což v přepočtu do měřítka mapy odpovídá hodnotám 0,19 mm v ose *Y*, 0,17 mm v ose *X* a celkem se pak $m = 0{,}27$ mm (viz Tab. 12). Velikosti těchto výsledných hodnot pak odpovídají samotné mezní grafické přesnosti při tvorbě mapy.

Z Gaussových křivek chyb m_y, m_x a m Helmertovy transformace (viz Obr. 14-16 a Obr. 18-20) je patrné, že po použití transformace dochází k odchylkám od pravidelného normálního rozdělení pravděpodobnosti.

Korelační diagramy na Obr. 17 a Obr. 21 znázorňují závislost středních chyb m_y a m_x, které charakterizují přesnost Helmertovy transformace pro každý jednotlivý mapový list.

Diagram na Obr. 17 zobrazuje silnou statistickou závislost mezi chybami m_y a m_x jednotlivých mapových listů, u kterých nebyla před transformací početně eliminována srážka mapy. Na grafu je patrná velmi silná až lineární závislost, kterou znázorňuje regresní přímka s rovnicí $y = 1{,}25\ x - 1{,}32$ a korelačním koeficientem $r = 0{,}96322$. Tyto výsledky ukazují, že srážky mapových listů jsou přímo závislé.

Diagram na Obr. 21 zobrazuje vztah chyb m_y a m_x transformace mapových listů, u kterých byla předem početně eliminována srážka mapy. Na diagramu je patrné plošné roztroušení chyb, mezi kterými se neprojevuje výrazná korelace. Regresní přímka je zde reprezentována rovnicí $y = 0{,}33\ x + 8{,}08$ a korelačním koeficientem $r = 0{,}34901$. V případě předchozí početní eliminace srážky klesnou výsledné hodnoty na třetinu původní velikosti a dojde tak k porušení silné závislosti, čímž se zároveň ukazuje použití Helmertovy transformace jako vhodné.

Z výsledků analýzy vyplývá, že i u relativně starých map, jako jsou speciální mapy III. vojenského mapování, které jsou tištěné na papíře nízké kvality, je možný úspěšný převod do rastrového obrazu. Důležitá je však předchozí eliminace vlivu srážky mapy před následnou transformací obrazu.

9. SEZNAM LITERATURY A OSTATNÍCH ZDROJŮ

KNIŽNÍ ZDROJE

[1] BUCHAR, Petr: *Matematická kartografie*. ČVUT v Praze, 2005, skriptum. 203 s.

[2] HAMPACHER, Miroslav, RADOUCH, Vladimír: *Teorie chyb a vyrovnávací počet 10.* ČVUT v Praze 2003, skriptum, 159 s.

[3] HAMPACHER, Miroslav, RADOUCH, Vladimír: *Teorie chyb a vyrovnávací počet 10, 20. Příklady a návody ke cvičením.* ČVUT v Praze 2004, skriptum, 163 s.

[4] HAMPACHER, Miroslav, RADOUCH, Vladimír: *Teorie chyb a vyrovnávací počet 20.* ČVUT v Praze 2004, skriptum, 140 s.

[5] SKOŘEPA, Zdeněk: *Geodézie 40*. ČVUT v Praze 2002, skriptum. 129 s.

[6] VEVERKA, Bohuslav, ZIMOVÁ, Růžena: *Topografická a tématická kartografie*. ČVUT v Praze, 2008, skriptum. 198 s.

[7] VEVERKA, Bohuslav, ČECHUROVÁ, Monika: *Georeferencing of the maps of IInd and IIIrd Military Survey* (in Czech). Kartografické listy 11, 2003, s. 103-113, Bratislava.

[8] VEVERKA, Bohuslav, ČECHUROVÁ, Monika: *Cartometric analysis of the 1 : 75 000 scale sheets of the Third Military Survey in the territory of Czechoslovakia (1918 – 1956).* Acta Geodaetica et Geophysica, 2009 (v tisku, Budapest, Hungary).

INTERENTOVÉ ZDROJE

[10] LITSCHMANNOVÁ, Martina: *Statistika I.: Průběh cvičení.* [on-line]. Webová stránka Katedry aplikované matematiky. [cit. 2008-10-10] Dostupné z WWW: <http://www.am.vsb.cz/~lit40/STA1/Materialy/Regrese.pps>

[11] Webová stránka Mapového portálu VÚGTK [on-line]. [cit. 2008-10-10] Dostupné z WWW: <http://mapy.vugtk.cz/specialky/index.php?rs=2>

[12] VEVERKA, Bohuslav: *Georeferencování map historiských vojenských mapování na území ČR.* [on-line]. Webová stránka Grantové agentury České republiky. Pardubice, 2004. [cit. 2008-10-10] Dostupné z WWW: <http://projekty.geolab.cz/gacr/a/files/vev_sec_04.pdf>

[13] MIKŠOVSKÝ, Miroslav, ZIMOVÁ, Růžena: *Historická mapování českých zemí*. [on-line]. Webová stránka Grantové agentury České republiky. Praha, 2006. [cit. 2008-10-10] Dostupné z WWW: <http://projekty.geolab.cz/gacr/a/files/miks_zim_GEOS06.pdf>

[14] VEVERKA, Bohuslav: *Manuál pro Visual MATKART 2004*. [on-line]. Praha, 2003. [cit. 2008-10-10] Dostupné z WWW: <http://www.kartografie.ic.cz/matkart/manual_visual_matkart_2004.pdf>

[15] LITSCHMANNOVÁ, Martina: *Spojitá rozdělení náhodné veličiny*. [on-line]. Webová stránka Katedry aplikované matematiky. [cit. 2008-10-10] Dostupné z WWW: <http://www.am.vsb.cz/~lit40/STA1/Materialy/SNV.pps>

[16] ZVÁROVÁ, Jana: *Základy statistiky pro biomedicínské obory*. [on-line]. [cit. 2008-10-10] Dostupné z WWW: <http://new.euromise.org/czech/tajne/ucebnice/html/html/node6.html>

10. SEZNAMY

10.1 SEZNAM OBRÁZKŮ

Obr. 1 Topografická sekce 1 : 75 000 (Tábor) 9
Obr. 2 Klad listů speciální mapy 1 : 75 000 ze III. vojenského mapování a chronologicky její vydání 9
Obr. 3 Klad a značení mapy 1 : 75 000 11
Obr. 4 Vliv srážky mapy na rozměry mapového listu 12
Obr. 5 Transformace soustavy souřadnic v rov. - stočení, posun a změna měřítka . 13
Obr. 6 Souvislost mezi velikostí výběrového koeficientu korelace r a typem závislosti 17
Obr. 7 Gaussova křivka 18
Obr. 8 Vliv parametrů normálního rozdělení na tvar hustoty pravděpodobnosti … 18
Obr. 9 Hustota normálního rozdělení 19
Obr. 10 Výstup ze software MATKART – program VB171E (2008 - 09) 21
Obr. 11 Histogram absolutní horizontální srážky mapy 26
Obr. 12 Histogram absolutní vertikální srážky mapy 26
Obr. 13 Korelační diagram – závislost absolutní horizontální a vertikální srážky mapy 27
Obr. 14 Histogram chyby m_y původního rastru 32
Obr. 15 Histogram chyby m_x původního rastru 32
Obr. 16 Histogram chyby m původního rastru 33
Obr. 17 Korelační diagram – závislost m_y a m_x původního rastru 33
Obr. 18 Histogram chyby m_y rastru po eliminaci srážky 38
Obr. 19 Histogram chyby m_x rastru po eliminaci srážky 38
Obr. 20 Histogram chyby m rastru po eliminaci srážky 39
Obr. 21 Korelační diagram – závislost m_y a m_x rastru po eliminaci srážky 39

10.2 SEZNAM TABULEK

Tab. 1 Těsnost vztahu proměnných na základě *r* …… 17
Tab. 2 Srážka mapového listu …… 22-25
Tab. 3 Statistické zhodnocení srážky mapy …… 25
Tab. 4 Četnosti absolutní horizontální srážky mapy ..…… 26
Tab. 5 Četnosti absolutní vertikální srážky mapy …… 26
Tab. 6 Přesnost transformace před eliminací srážky mapového listu …… 28-31
Tab. 7 Statistické zhodnocení přesnosti transformace před eliminací srážky . 31
Tab. 8 Četnosti chyby m_y původního rastru …… 32
Tab. 9 Četnosti chyby m_x původního rastru …… 32
Tab. 10 Četnosti chyby *m* původního rastru …… 33
Tab. 11 Přesnost transformace po eliminaci srážky mapového listu ….…… 34-37
Tab. 12 Statistické zhodnocení přesnosti transformace po eliminací srážky … 37
Tab. 13 Četnosti chyby m_y rastru po eliminaci srážky ..…… 38
Tab. 14 Četnosti chyby m_x rastru po eliminaci srážky ..…… 38
Tab. 15 Četnosti chyby *m* rastru po eliminaci srážky …… 39

10.3 SEZNAM ELEKTRONICKÝCH PŘÍLOH

Příloha 1 – Vstupní data pro software MATKART

Příloha 2 – Výstupní protokoly ze softwaru MATKART

Příloha 3 – Statistické_zhodnocení.xls