

UNIVERZITA PARDUBICE
FAKULTA ELEKTROTECHNIKY A
INFORMATIKY

BAKALÁŘSKÁ PRÁCE

2010

David Rýdl

Univerzita Pardubice
Fakulta elektrotechniky a informatiky

Zpracování dlouhodobých srážkoměrných údajů (z hlediska denního a
sezonního chodu) pro využití v radiokomunikacích

David Rýdl

Bakalářská práce

2010

Univerzita Pardubice
Fakulta elektrotechniky a informatiky
Akademický rok: 2009/2010

ZADÁNÍ BAKALÁŘSKÉ PRÁCE

(PROJEKTU, UMĚLECKÉHO DÍLA, UMĚLECKÉHO VÝKONU)

Jméno a příjmení: **David RÝDL**
Osobní číslo: **I07566**
Studijní program: **B2612 Elektrotechnika a informatika**
Studijní obor: **Komunikační a mikroprocesorová technika**
Název tématu: **Zpracování dlouhodobých srážkových údajů (z hlediska denního a sezonního chodu) pro využití v radiokomunikacích**
Zadávací katedra: **Katedra elektrotechniky**

Z á s a d y p r o v y p r a c o v á n í :

Přehled dosavadního zpracování tématu a možnosti dalšího vývoje
Popis dostupných dat zejména z jihočeské stanice Třeboň
Zpracování vybraných dešťoměrných dat s ohledem na využití v radiokomunikacích
Závěr a doporučení pro využití v praxi

Rozsah grafických prací:

Rozsah pracovní zprávy:

Forma zpracování bakalářské práce: **tištěná/elektronická**

Seznam odborné literatury:

Fišer O., Řezáčová D.: Diurnal and Seasonal Variations of Water Vapour and Cloud Vapour Attenuation in Microwave Frequency Bands," Radio-engineering, Vol. 6, No. 3, 1997

Fišer O.: On the Tipping-Bucket Rain Measurement Applied to Microwave Propagation (Theory and Actual Results), URSI F Open Symposium, Garmisch Partenkirchen, 12- 15.2.2002, CD

Fišer, O., Polonio, R., Vejvoda, J.: Diurnal Variation of Rain in Milano, Příspěvek publikovaný na 5th MCM (Vigo, Španělsko, 27.-29.5.1998) (CP51A12)

Vedoucí bakalářské práce:

doc. Ing. Ondřej Fišer, CSc.
AV ČR, Ústav fyziky atmosféry

Datum zadání bakalářské práce: **15. ledna 2010**

Termín odevzdání bakalářské práce: **14. května 2010**



prof. Ing. Simeon Karamazov, Dr.
děkan



Ing. Zdeněk Němec, Ph.D.
vedoucí katedry

V Pardubicích dne 31. března 2010

Prohlašuji:

Tuto práci jsem vypracoval samostatně. Veškeré literární prameny a informace, které jsem v práci využil, jsou uvedeny v seznamu použité literatury.

Byl jsem seznámen s tím, že se na moji práci vztahují práva a povinnosti vyplývající ze zákona č. 121/2000 Sb., autorský zákon, zejména se skutečností, že Univerzita Pardubice má právo na uzavření licenční smlouvy o užití této práce jako školního díla podle § 60 odst. 1 autorského zákona, a s tím, že pokud dojde k užití této práce mnou nebo bude poskytnuta licence o užití jinému subjektu, je Univerzita Pardubice oprávněna ode mne požadovat přiměřený příspěvek na úhradu nákladů, které na vytvoření díla vynaložila, a to podle okolností až do jejich skutečné výše.

Souhlasím s prezenčním zpřístupněním své práce v Univerzitní knihovně.

V Pardubicích dne 1.5.2010

David Rýdl

Poděkování:

Tímto bych chtěl poděkovat vedoucímu této práce doc. Ing. Ondřeji Fišerovi, CSc., za odborné vedení, cenné rady, podněty a připomínky. Stejně díky patří i za čas věnovaný mé bakalářské práci, poskytnutí odborných materiálů a podkladů, které byly nedílnou součástí této práce.

Anotace:

Tato bakalářská práce se zabývá vyhodnocením dlouhodobých srážkoměrných údajů z jihočeské meteorologické stanice v Třeboni a jejich následným zpracováním z hlediska útlumu mikrovlnného spoje.

Práce popisuje metodu zpracování dat v MS Excel, výpočet útlumů mikrovlnného spoje i následné vyhodnocení všech zpracovávaných dat.

Klíčová slova:

Srážkový úhrn, intenzita srážek, radioreléový spoj, ombrograf, metoda Assis – Einloft, útlum deštěm

Abstract:

This paper dealt with evaluation of long termed rainfall data obtained from meteorological station in Třeboň in southern Bohemia. These were evaluated in the way how do rainfalls attenuate Microwave Frequency Bands.

The method available to compute the attenuation in microwave frequency bands, work with MS Excel and evaluation of all data are presened too.

Keywords

Rainfall content, rainfall intensity, radio-relay link, Metode Assis – Einloft, attenuation caused by rain, pluviograph

OBSAH

1	Úvod.....	11
2	Základní použité pojmy	12
2.1	Úhrn srážek	12
2.2	Intenzita srážek.....	12
2.3	Pravděpodobnost výskytu srážek	12
2.4	Útlum mikrovlnného spoje deštěm	12
3	Radioreléové spoje.....	13
3.1	Co je radioreléový spoj	13
3.2	Návrh radioreléového spoje	14
4	Plovákový srážkoměr ombrograf.....	15
5	Mezinárodní telekomunikační unie – sektor Radiokomunikace – ITU-R.....	16
6	Metoda zpracování dat.....	18
6.1	Popis dat a základní zpracování	18
6.2	Popis základní záložky (letní období):.....	19
6.3	Metoda výpočtu útlumu mikrovlnného spoje deštěm	21
6.3.1	Metoda Assis - Einloft	21
6.3.2	Metoda zpracování v MS Excel.....	23
7	Výsledky měření	26
7.1	Spolehlivost stanice.....	26
7.2	Intenzita srážek v letním období	27
7.3	Roční úhrn srážek v letním období	28
7.3.1	Maximální a minimální úhrny srážek	28
7.3.2	Úhrn srážek z hlediska denního chodu	30
7.4	Pravděpodobnost výskytu srážek	32
7.5	Praktický výpočet útlumu mikrovlnného spoje.....	35
7.6	Tvar dešťového jádra	38
7.7	Výskyt dešťových srážek	39
8	Závěr	40

Seznam obrázků

Obr. 3.1.1 stožár s několika mikrovlnnými spoji [5]	13
Obr. 3.1.2 anténa mikrovlnného spoje [5]	13
Obr. 3.1.3 schéma dvoukmitočtového plánu [4].....	13
Obr. 3.2.1 schéma radioreléového spoje	14
Obr. 4.1 ombrograf [7].....	15
Obr. 4.2 ombrogram [8].....	15
Obr. 5.1 tabulka dešťových zón [11]	16
Obr. 5.2 mapa izochar intenzit dešťů pro Evropu a Afriku [11].....	17
Obr. 6.1.1 ukázka převzatých dat	18
Obr. 6.2.1 data letního cyklu.....	19
Obr. 6.3.1.1 tvar dešťového jádra	21
Obr. 6.3.1.2 dešťová kapka	23
Obr. 6.3.2.1 popis práce se záložkou - útlum deštěm	24
Obr. 6.3.2.2 záložka pro výpočet útlumu deštěm pro různé kmitočty	25
Obr. 7.1.1 graf spolehlivosti meteorologické stanice v letním období.....	27
Obr. 7.3.2.1 graf srážkového úhrnu sledovaného období	31
Obr. 7.3.2.2 graf srážkového úhrnu se skutečnými hodnotami úhrnu srážek v letním období	31
Obr. 7.4.1 graf pravděpodobnosti výskytu srážek r. 1975	32
Obr. 7.4.2 graf pravděpodobnosti výskytu srážek r. 1928	33
Obr. 7.4.3 graf pravděpodobnosti výskytu srážek r. 1934	33
Obr. 7.4.4 graf pravděpodobnosti výskytu srážek r. 1976	33
Obr. 7.4.5 graf pravděpodobnosti výskytu srážek r. 1983	34
Obr. 7.4.6 graf pravděpodobnosti výskytu srážek r. 1987	34
Obr. 7.4.7 pravděpodobnost výskytu srážek za celé sledované období.....	35
Obr. 7.5.1 hodnoty konstant pro výpočet příkladu	36
Obr. 7.5.2 tvar dešťového jádra pro počítaný příklad.....	37
Obr. 7.5.3 útlum mikrovlnného spoje pro zadaný příklad	38
Obr. 7.6.1 tvar dešťového jádra při různé intenzitě srážek	38

Seznam tabulek

Tab. 6.1.1 rozvržení denního chodu	18
Tab. 6.2.1 vysvětlení sloupců záložky - letní období	20
Tab. 6.3.1.1 koeficienty pro výpočet měrného útlumu	22
Tab. 7.1.1 spolehlivost meteorologické stanice 100%.....	26
Tab. 7.1.2 nejnižší spolehlivost meteorologické stanice	26
Tab. 7.2.1 nejvyšší hodinové intenzity ve sledovaném období v minutových úsecích	28
Tab. 7.3.1.1 nejvyšší úhrn srážek za rok při spolehlivosti nad 90%.....	29
Tab. 7.3.1.2 nejvyšší úhrn srážek bez ohledu na kritickou spolehlivost stanice	29
Tab. 7.3.1.3 nejnižší úhrn srážek za rok při spolehlivosti nad 90%	29
Tab. 7.3.1.4 nejnižší úhrn srážek bez ohledu na kritickou spolehlivost stanice	30
Tab. 7.7.1 přepočtení dešťových srážek R	39
Tab. 7.7.2 přepočtení měřené jednotky v celém období	39

1 ÚVOD

Obliba terestriálních radioreléových spojů se v posledních letech poměrně dosti navýšila, a proto je nutné, aby byla zprostředkovateli nabídnuta kvalitní a co nejspolehlivější služba. Proto je při prováděném plánování spoje nutné přihlídnout i k místním vlivům, které spoj ovlivňují. Spolehlivost spoje závisí především na správném nastavení všech parametrů, které budou přizpůsobeny vnějším vlivům formou určité rezervy. K zahrnutí a správnému zvolení velikosti této rezervy je však nutné znát místní klimatické podmínky.

Díky poměrně velkému objemu dat by měla tato práce poskytnout zajímavé a především objektivní výsledky, které mohou posloužit v další práci při plánování terestriálních radioreléových spojů v Třeboni a jejím okolí, a v podstatě i v celé ČR.

Tato bakalářská práce je zaměřena na zpracování dlouhodobých srážkových údajů pro využití v radiokomunikacích. V práci byla využita data obsahující statistiku minutových intenzit srážek z ombrografických měření stanice Třeboň od r. 1923 do r. 2000. Práce nabízí pohled na problematiku útlumu terestriálního radioreléového spoje pomocí množství zpracovaných přehledných tabulek a grafů.

V následující kapitole jsou popsány základní pojmy, se kterými se může čtenář této práce setkat a které jsou nezbytné k pochopení problematiky, kterou se v této práci zabývám. Ve třetí kapitole je popsán a vysvětlen princip terestriálního radioreléového spoje. V kapitole čtvrté popisují plovákový srážkoměr. Tímto typem srážkoměru byla data vytvořena a zaznamenána. V kapitole páté je vysvětlen pojem ITU-R a její význam pro plánování terestriálních radioreléových spojů. V šesté kapitole se již zabývám problematikou zpracování dat a postupy při jejich vyhodnocování. V kapitole sedmé jsou již všechny, mnou vyhodnocené a zpracované výsledky, včetně grafů, tabulek a nutných porovnání. Výsledky mé bakalářské práce jsem shrnul v závěru.

2 ZÁKLADNÍ POUŽITÉ POJMY

2.1 ÚHRN SRÁŽEK

Označujeme jej písmenem **H** a udáváme jeho množství v **mm**. Úhrn udává množství vody spadlé na vodorovnou plochu v daném místě za určitý časový interval. Vyjadřuje se výškou vodního sloupce v mm (1 mm srážek odpovídá 1 litru vody spadlé na plochu 1 m²). K určování množství srážek se používá srážkoměr. Pro registraci úhrnu a časového průběhu srážek slouží ombrografy [1].

2.2 INTENZITA SRÁŽEK

Intenzitu označujeme písmenem **R** a měříme ji v **mm/h**. Intenzita nám představuje derivaci úhrnu srážek podle času. Laicky řečeno, jedná se o hodnotu vztaženou k úhrnu srážek za každou jednu minutu.

$$R = \frac{\Delta H}{\Delta t} \quad [\text{mm/h}] \quad (2.2.1)$$

2.3 PRAVDĚPODOBNOST VÝSKYTU SRÁŽEK

Je to určitá hodnota náhodného jevu, v našem případě výskytu určité intenzity srážek. Tato hodnota je obecně označena reálným číslem od 0 do 1, nebo ji lze vynásobit 100. V tom případě hovoříme o procentuálním vyjádření.

V této práci se setkáme s mírou pravděpodobnosti **P**, výskytu dané intenzity srážek **R**, **R_i** je prahová hodnota intenzity srážek. Rovnice 2.3.1 nám udává jednotku, zda se vyskytne určitá nebo vyšší intenzita srážek [2].

$$P=(R>R_i). \quad [] \quad (2.3.1)$$

2.4 ÚTLUM MIKROVLNNÉHO SPOJE DEŠTĚM

Na mikrovlnný spoj působí vlivem prostředí mnoho nepříznivých vlivů, které nelze ovlivnit. Jedním z těchto vlivů je působení hydrometeorů. Hydrometeor je v meteorologickém smyslu vodní částice v kapalném nebo tuhém stavu. Do této skupiny spadá mlha, kroupová přeháňka, sníh a v neposlední řadě i déšť [3].

V našich klimatických podmínkách na mikrovlnný spoj nejvíce působí déšť, respektive dešťové kapky. Ty zapříčiňují absorpci energie spoje a nežádoucí rozptyl.

3 RADIORELÉOVÉ SPOJE

3.1 CO JE RADIORELÉOVÝ SPOJ

Tyto spoje jsou určeny pro přenos televizní a rozhlasové modulace a přenos telefonních hovorů a přenosu dat. Radioreléové systémy typu Point – to – Point jsou individuální spoje na přímou viditelnost s úzce směrovými anténami.

Obr. 3.1.1 stožár s několika mikrovlnnými spoji [5]



Obr. 3.1.2 anténa mikrovlnného spoje [5]

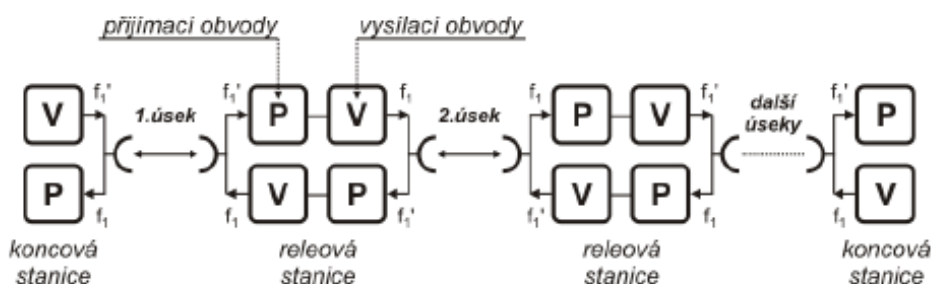


Tyto spoje nabízí zpravidla konstantní přenosovou rychlost, řádově jednotky až stovky Mbit/s. Spoje na velké vzdálenosti (od 40 km) využívají pásem mezi 3,6 až 10,86 GHz, regionální a přístupové sítě využívají pásma 13, 15, 18, 23 a 38 GHz.

Pro celé kaskády radioreléových úseků (s větším počtem retranslačních stanic) lze použít stejné kmitočtové schéma s využitím tzv. dvoukmitočtového plánu.

Dvoukmitočtový plán – jak je vidět na obr. 3.1.3, na jedné stanici pracují vysílače v horní polovině a přijímače v dolní polovině. Na dalším úseku je tomu naopak[4].

Obr. 3.1.3 schéma dvoukmitočtového plánu [4]

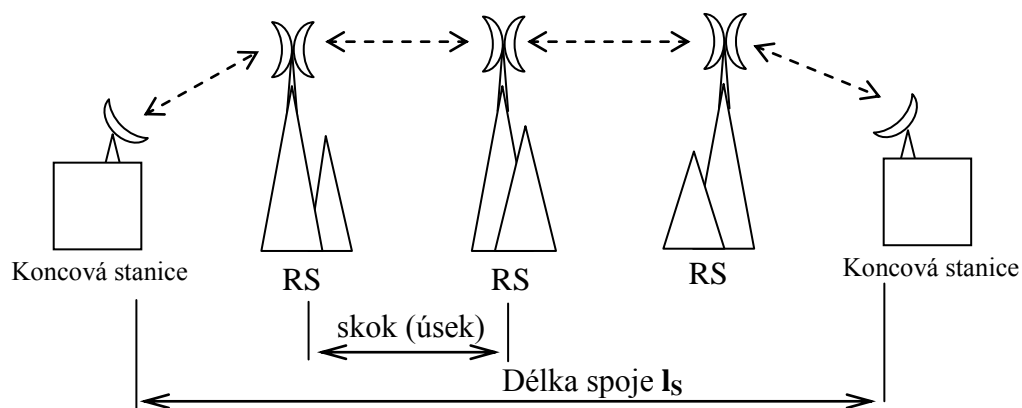


3.2 NÁVRH RADIORELÉOVÉHO SPOJE

Jak již bylo řečeno výše, pro radioreléový spoj je nutná přímá viditelnost. Abychom dosáhli přenosu signálu na požadovanou vzdálenost z jedné koncové stanice na druhou, využíváme tzv. reléových stanic – **RS**. Tyto stanice vyslaný signál zachytí úzce směřovanou anténou do přijímače a vyšlou jej pomocí vysílače dál požadovaným směrem ke koncové stanici, nebo k následující RS. RS bývají zpravidla umístěny na nejvyšších místech, aby byla zaručena bezproblémová přímá viditelnost a aby se jejich množství, minimalizovalo, např. z finančních důvodů.

Vzdálenost mezi jednotlivými vysílači a přijímači nazýváme skok, vzdálenost mezi koncovými stanicemi označujeme jako délku spoje l_s .

Obr. 3.2.1 schéma radioreléového spoje



4 PLOVÁKOVÝ SRÁŽKOMĚR OMBROGRAF

Srážkoměr je přístroj používaný v meteorologii a hydrologii a slouží k zaznamenávání úhrnu srážek za určitou časovou jednotku. Většinou se jedná o záznam úhrnu v desetinách mm za jednu minutu.

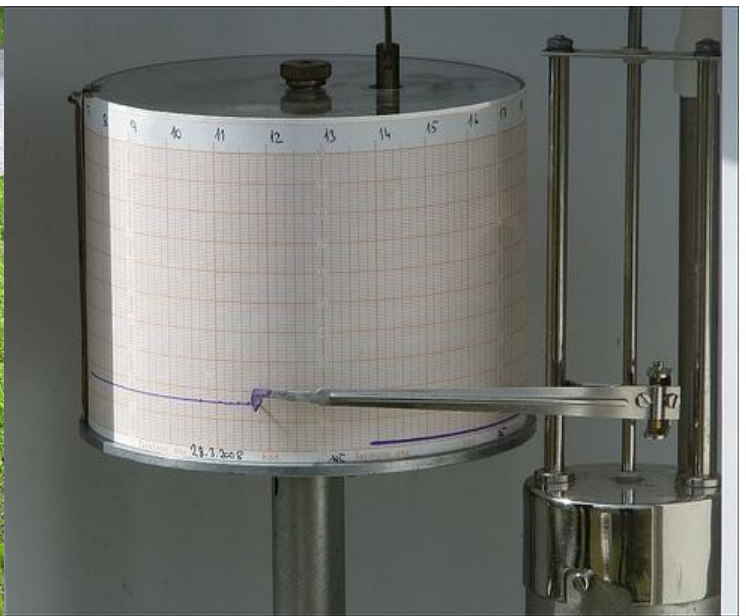
V České republice je nejrozšířenější ombrograf Metra (typ 501), jenž je tvořen plechovou válcovitou nádobou, na kterou je nasazena nálevka se záchytnou plochou 250 cm² ve výšce 1 m nad zemí. Její kuželovité dno přechází v trubičku, pod kterou je plováková komora, v níž se voda hromadí, a se stoupající hladinou zdvihá plovák. Pohyb je přenášen přes zapisující zařízení na otáčející se registrační buben se záznamovým papírem, který je otáčen hodinovým strojkem. Plováková komora je opatřena zařízením, které ji po naplnění vyprázdní a plovák klesne. To se v záznamu projeví svislou čarou, a záznam pokračuje od dolního okraje papíru. Záznam ombrografu se nazývá ombrogram [6].

Plovákové ombrografy sice existují vyhřívané, ale u nás se neujaly. Proto je mnoho ombrografů používáno pro sledování srážkových úhrnů v letním období. Ze zimního období bývají data velmi necelistvá a neobjektivní.

Obr. 4.1 ombrograf [7]



Obr. 4.2 ombrogram [8]



5 MEZINÁRODNÍ TELEKOMUNIKAČNÍ UNIE – SEKTOR RADIOKOMUNIKACE – ITU-R

ITU-R vypracovává technické charakteristiky pozemních a kosmických bezdrátových služeb a systémů a vypracovává provozní postupy. Taktéž vypracovává i důležité technické studie, které slouží jako základ pro rozhodnutí v právních předpisech projednávaných na radiokomunikačních konferencích [9].

V rámci projektu COST255 byl získán soubor výsledků, které kvantifikují vliv oblaků, deště a vodní páry na zeslabení mikrovlnného signálu. Na základě statistické analýzy měřených hodnot intenzity srážky a útlumu byla vypracována původní metoda predikce útlumu radiových vln deštěm pro tzv. nejhorší měsíc v roce. Dále byla sestavena mapa izochar intenzit dešťů pro ČR jako nutný vstupní parametr metody ITU-R pro stanovení distribuční funkce útlumu deštěm pro směrové mikrovlnné spoje. Byl vyhodnocen denní a sezónní chod intenzit dešťů a integrálního obsahu vodní páry i oblačné vody. To umožnilo stanovit denní a roční chod atmosférického útlumu pro radiový signál z družicových spojů. Metoda umožňuje přesněji interpretovat radarová měření srážek a stanovit útlum radiového signálu deštěm [10].

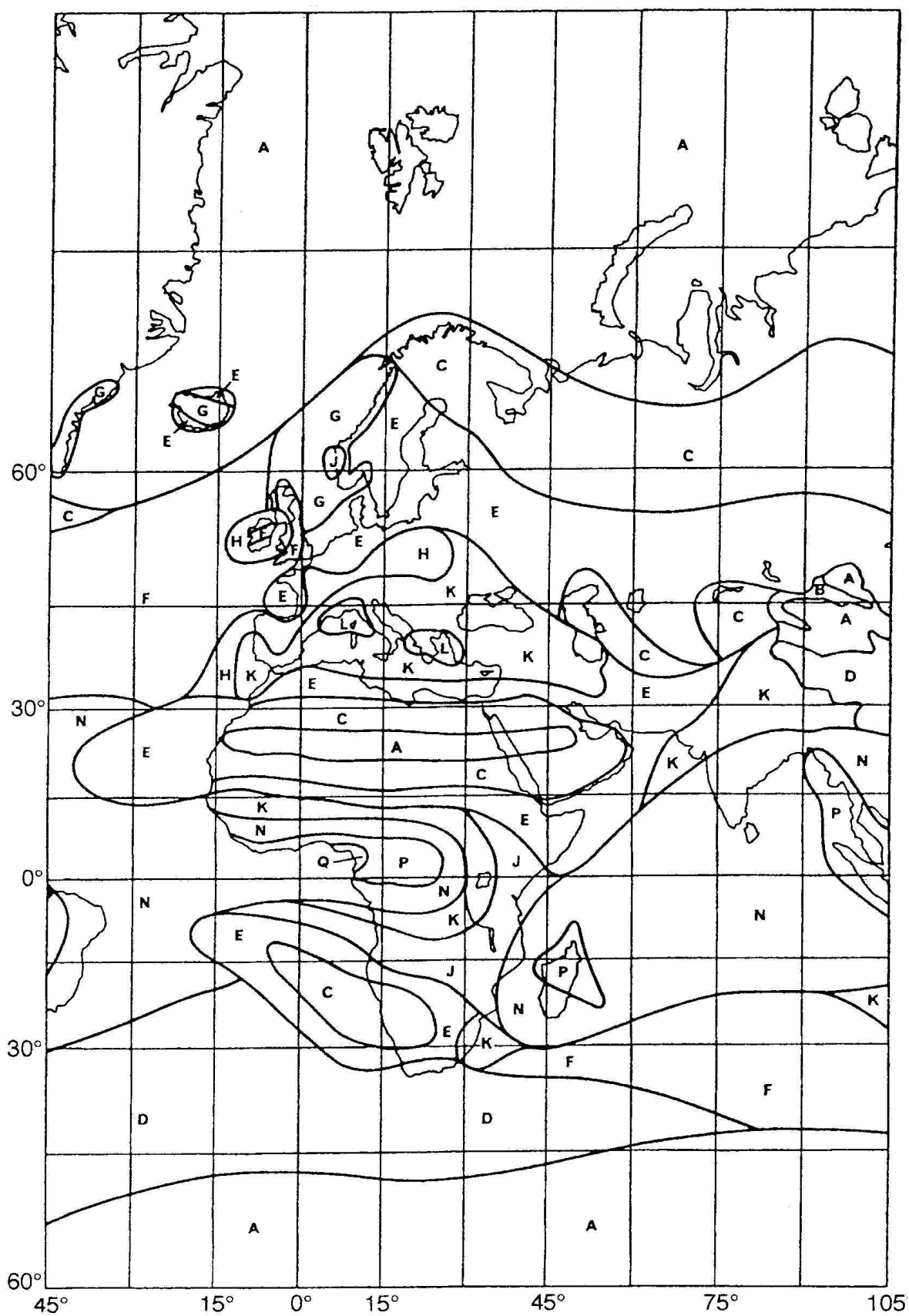
Níže uvedený obr. 5.1 zobrazuje tabulku zón, kterou vydala ITU-R společně s mapou světa, do které jsou zóny zakresleny. Ve svislé části tabulky jsou určité pravděpodobnosti výskytu srážek, v části vodorovné jsou vypsány zóny. Je tedy možno z tabulky vyčíst, pro zvolenou zónu, jaké bude množství srážek v mm/h s danou pravděpodobností výskytu.

Díky obr. 5.2, na kterém je vyobrazena mapa izochar intenzit dešťů pro Evropu a Afriku, lze vyčíst, že je ČR zařazena v dešťové zóně H. To odpovídá celoroční průměrné hodnotě 32 mm srážek za hodinu při pravděpodobnosti výskytu srážek 0,01%.

Obr. 5.1 tabulka dešťových zón [11]

Percentage of time R exceeded	Zone														
	A	B	C	D	E	F	G	H	J	K	L	M	N	P	Q
1.0	<0.1	0.5	0.7	2.1	0.6	1.7	3	2	8	1.5	2	4	5	12	24
0.3	0.8	2	2.8	4.5	2.4	4.5	7	4	13	4.2	7	11	15	34	49
0.1	2	3	5	8	6	8	12	10	20	12	15	22	35	65	72
0.03	5	6	9	13	12	15	20	18	28	23	33	40	65	105	96
0.01	8	12	15	19	22	28	30	32	35	42	60	63	95	145	115
0.003	14	21	26	29	41	54	45	55	45	70	105	95	140	200	142
0.001	22	32	42	42	70	78	65	83	55	100	150	120	180	250	170

Obr. 5.2 mapa izočar intenzit dešťů pro Evropu a Afriku [11]



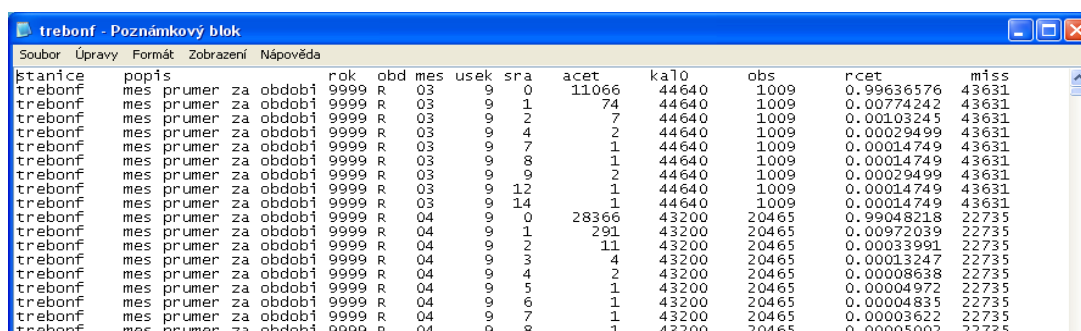
6 METODA ZPRACOVÁNÍ DAT

6.1 POPIS DAT A ZÁKLADNÍ ZPRACOVÁNÍ

Vyhodnocovaná data byla měřena ombrografem na meteorologické stanici v Třeboni od roku 1923 až do roku 2000.

Od mého vedoucího práce jsem obdržel tato data již zpracovaná v digitální podobě, ale stále v nevyhovující podobě pro následné zpracování, jak dokládá obr. 6.1.1.

Obr. 6.1.1 ukázka převzatých dat



The screenshot shows a Notepad window titled 'trebonf - Poznámkový blok'. The text inside is a table with columns: 'stаницe', 'popis', 'rok', 'obd', 'mes', 'usek', 'sra', 'acet', 'kalo', 'obs', 'rcet', and 'miss'. The data rows show monthly averages for various years (1999, 2004) and months (03, 04, 05, 06, 07, 08, 09, 10, 12). The values are numerical, representing precipitation and other meteorological parameters.

Tento dokument obsahoval mnohé, pro tuto práci místy i nepotřebné informace. Kvůli lepší orientaci a práci s daty jsem veškerá data vložil do programu MS Excel, kde jsem všechny informace třídil, formátoval a následně zpracovával.

Pro moji práci jsem si zvolil data letního období (od 15.4. do 15.10.), a veškerá vyhodnocená data a výsledky se k tomuto období vztahují. Je to z důvodu malého množství dat zimního období, a zpracovávaná data by byla příliš neobjektivní. Dalším důvodem byl typ použitého srážkoměru, který je pro měření srážkoměrných údajů v zimním období nevhodný. Dle zadání jsem se měl zaměřit na zpracování dat z hlediska denního chodu. Pro tento účel byl den o 24 hodinách rozdělen na čtyři šestihodinové úseky podle typické lidské denní činnosti, jak ukazuje tab. 6.1.1. V tabulce jsou časy udávané v UTC (*Coordinated Universal Time*) – čas řízený atomovými hodinami.

Tab. 6.1.1 rozvržení denního chodu

úsek	Časové rozmezí v UTC
1	0.00 až 6.00
2	6.00 až 12.00
3	12.00 až 18.00
4	18.00 až 24.00

Mým prvním úkolem bylo vyfiltrovat pouze potřebné údaje, aby mi nepotřebná data nestěžovala orientaci a práci v dokumentu. Tzn. že z celého dokumentu jsem vyfiltroval údaje letního období, které obsahovaly informaci denního chodu. I tak se jednalo o 3145 řádků informací, které bylo nutno dále zpracovat.

Ze získaných informací jsem dále přepočítával hodnoty na jednotky, které jsou běžně používány, jako např. [mm/h], a dopočítával jsem další potřebné údaje pomocí různých vzorců, se kterými se lépe pracuje, jako jsou např.:

Spolehlivost stanice – bral jsem v úvahu maximální možný počet pozorovaných minut a počet minut měřených v daném časovém úseku. Z těchto informací jsem dále vypočítal i průměrnou spolehlivost stanice za rok.

Intenzita srážek za hodinu – data poskytovala pouze informace o intenzitě v desetínách mm za minutu. Tuto informaci však nelze pro výpočet útlumu radiových vln použít, proto je nutný přepočet na mm za hodinu.

6.2 POPIS ZÁKLADNÍ ZÁLOŽKY (LETNÍ OBDOBÍ):

Na obr. 6.2.1 jsou vidět již částečně zpracovaná a zformátovaná data, se kterými jsem dále pracoval. V tab. 6.2.1 jsou uvedeny popisy všech na obr. 6.2.1 viditelných sloupců buněk se stručným popisem jejich významu, doplněné vzorci pro výpočet první buňky s konkrétní hodnotou.

Obr. 6.2.1 data letního cyklu

	C	D	F	G	H	I	J	K	M	N	O	P	Q	R	S	T	U	V	W	X	Y		
1	rok	obd	usek	intenzita [1/10 mm·min]	Abs. četnost za danou časovou jednotku	Možný počet pozorování v daném úseku [min]	Počet pozorování v daném úseku [min]	Acet./obs H/J	Spolehlivost stanice [%]	intenzita [mm/h]	Abs. četnost za hodinu	celková P=(R·I)	pozorované P=(R·I)mm/h	kumulace za danou jednotku	mm srážek za rok při dané intenzitě	I mm srážek za rok při dané intenzitě	Σ srážek v daném úseku	Σ srážek za rok	Z srážek v daném období při teoretické 100% funkčnosti	Σ srážek za rok při teoretické 100% funkčnosti	Spolehlivost měření stanice za rok [%]		
2	1923	L	1	0	50752	51840	51480	0.985858	99,31%	0	845,87	99,306%	100,000%	51480	0	0							
3	1923	L	1	1	689	51840	51480	0.013383	99,31%	6	11,48	1,404%	1,414%	728	68,9	68,9							
4	1923	L	1	2	29	51840	51480	0.000563	99,31%	12	0,48	0,075%	0,076%	39	5,8	74,7							
5	1923	L	1	3	9	51840	51480	0.000097	99,31%	18	0,08	0,019%	0,019%	10	1,5	76,2							
6	1923	L	1	4	1	51840	51480	0.000019	99,31%	24	0,02	0,010%	0,010%	5	0,4	76,6							
7	1923	L	1	8	2	51840	51480	0.000038	99,31%	48	0,03	0,008%	0,008%	4	1,6	78,2							
8	1923	L	1	11	1	51840	51480	0.000019	99,31%	66	0,02	0,004%	0,004%	2	1,1	79,3							
9	1923	L	1	34	1	51840	51480	0.000019	99,31%	204	0,02	0,002%	0,002%	1	3,4	82,7			82,7		83,3		
10	1923	L	2	0	51020	51840	51780	0.985322	99,88%	0	850,33	99,884%	100,000%	51780	0	0							
11	1923	L	2	1	681	51840	51780	0.013151	99,88%	6	11,35	1,466%	1,466%	760	68,1	68,1							
12	1923	L	2	2	41	51840	51780	0.000791	99,88%	12	0,68	0,152%	0,153%	79	8,2	76,3							
13	1923	L	2	3	19	51840	51780	0.000366	99,88%	18	0,32	0,073%	0,073%	38	5,7	82							
14	1923	L	2	4	6	51840	51780	0.000118	99,88%	24	0,10	0,037%	0,037%	19	2,4	84,4							
15	1923	L	2	5	7	51840	51780	0.000135	99,88%	30	0,12	0,025%	0,025%	13	3,5	87,9							
16	1923	L	2	6	1	51840	51780	0.000019	99,88%	36	0,02	0,012%	0,012%	6	0,6	88,5							
17	1923	L	2	7	1	51840	51780	0.000019	99,88%	42	0,02	0,010%	0,010%	5	0,7	89,2							
18	1923	L	2	9	1	51840	51780	0.000019	99,88%	54	0,02	0,008%	0,008%	4	0,9	90,1							
19	1923	L	2	10	1	51840	51780	0.000019	99,88%	60	0,02	0,006%	0,006%	3	1	91,1							
20	1923	L	2	15	1	51840	51780	0.000019	99,88%	90	0,02	0,004%	0,004%	2	1,5	92,6							
21	1923	L	2	16	1	51840	51780	0.000019	99,88%	96	0,02	0,002%	0,002%	1	1,6	94,2			94,2		94,3		
22	1923	L	3	0	51224	51840	51840	0.988117	100,00%	0	853,73	100,000%	100,000%	51840	0	0							
23	1923	L	3	1	605	51840	51840	0.011670	100,00%	6	10,08	1,188%	1,188%	616	60,5	60,5							
24	1923	L	3	2	6	51840	51840	0.000115	100,00%	12	0,10	0,021%	0,021%	11	1,2	61,7							
25	1923	L	3	3	3	51840	51840	0.000057	100,00%	18	0,05	0,010%	0,010%	5	0,9	62,6							
26	1923	L	3	4	2	51840	51840	0.000038	100,00%	24	0,03	0,004%	0,004%	2	0,8	63,4			63,4		63,4		
27	1923	L	4	0	50921	51840	51840	0.982272	100,00%	0	848,68	100,000%	100,000%	51840	0	0							
28	1923	L	4	1	865	51840	51840	0.016885	100,00%	6	14,42	1,773%	1,773%	919	86,5	86,5							
29	1923	L	4	2	43	51840	51840	0.000829	100,00%	12	0,72	0,104%	0,104%	54	8,5	95,1							
30	1923	L	4	3	8	51840	51840	0.000154	100,00%	18	0,13	0,021%	0,021%	11	2,4	97,5							
31	1923	L	4	4	2	51840	51840	0.000038	100,00%	24	0,03	0,006%	0,006%	3	0,8	98,3							
32	1923	L	4	5	1	51840	51840	0.000019	100,00%	30	0,02	0,002%	0,002%	1	0,5	98,8			98,8	339,1	98,8	339,787476	99,91%
33	1924	L	1	0	65614	66240	66240	0.990549	100,00%	0	1093,57	100,000%	100,000%	66240	0	0							
34	1924	L	1	1	608	66240	66240	0.008183	100,00%	6	10,15	0,945%	0,945%	676	60,9	60,9							

Tab. 6.2.1 vysvětlení sloupců záložky - letní období

sloupec	název	Popis sloupce
C	rok	Rok, kdy byla příslušná data získána (údaj srážkoměru)
D	obd	Měřené období – L – letní období (15.4. – 15.10.) (údaj srážkoměru)
F	úsek	V jakém denním chodu byla data měřena (viz. tab. 6.1.1) (údaj srážkoměru)
G	Intenzita [1/10 mm/min]	Množství srážek v desetinách mm za 1 minutu (údaj srážkoměru)
H	Abs. četnost za danou časovou jednotku	Kolikrát za minutu odpovídala intenzita srážek konkrétní intenzitě v daném období (údaj srážkoměru)
I	Možný počet pozorování v daném úseku [min]	Celkové množství minut v daném (letním) období a časovém úseku (údaj srážkoměru)
J	Počet pozorování v daném úseku [min]	Skutečné množství pozorovaných minut v daném (letním) období a časovém úseku (údaj srážkoměru)
K	Acet/obs	Pravděpodobnost výskytu určité intenzity srážek v daném období a časovém úseku (údaj srážkoměru)
M	Spolehlivost stanice	S jakou spolehlivostí (na kolik procent) stanice fungovala v daném období a časovém úseku (výpočet $M=J/I$)
N	intenzita [mm/h]	Přepočet sloupce G (intenzity srážek udávané v desetinách mm za minutu) na intenzitu srážek udávanou v mm za hodinu (výpočet $N=G*6$)
O	Abs. četnost za hodinu	Přepočet sloupce H (kolikrát za minutu odpovídala intenzita srážek konkrétní intenzitě v daném období) na hodiny (výpočet $O=H/60$)
P	celkové $P=(R>())mm/h$	Pravděpodobnost výskytu dané intenzity srážek za možný počet pozorování v daném úseku (výpočet $P=R/I$)
Q	pozorované $P=(R>())mm/h$	Pravděpodobnost výskytu dané intenzity srážek za skutečný počet pozorování v daném úseku (výpočet $Q=R/J$)
R	kumulace za danou jednotku	Suma hodnot konkrétní a vyšší intenzity srážek za danou minutu (výpočet $R_x=KDYŽ(F_x=F_z;H_x+R_y;H_x)$)
S	mm srážek za rok při dané intenzitě	Úhrn srážek při dané intenzitě srážek (výpočet $S=H*G/10$)
T	Σ srážek při dané intenzitě [mm/rok]	Součet všech srážek v konkrétní intenzitě v daném období (výpočet $T=KDYŽ(S_x>0;S_x+T_y;0)$)
U	Σ srážek v daném úseku	Celkový úhrn srážek v daném období a časovém úseku (výpočet $U=KDYŽ(T_x=0;T_y;"")$)
V	Σ srážek za rok	Celkový úhrn srážek za rok (výpočet $W=SUBTOTAL(9;U_x:U_y)$)
W	Σ srážek v daném období při teoretické 100% funkčnosti	Celkový úhrn srážek v daném období a časovém úseku při teoretické funkčnosti 100% (výpočet $W=U/M$)
X	Σ srážek za rok při teoretické 100% funkčnosti	Celkový úhrn srážek za rok při teoretické funkčnosti 100% (výpočet $X=SUBTOTAL(9;W_x:W_y)$)
Y	Spolehlivost měření stanice za rok [%]	Průměrná hodnota spolehlivosti měření stanice (výpočet $Y=PRŮMĚR(M_x:M_y)$)

V této fázi již není potřeba tvorby jiných dat pro zpracování srážkových úhrnů. Do ostatních záložek byla potřebná data již jen kopírována pro přehlednost a lepší orientaci v celém dokumentu.

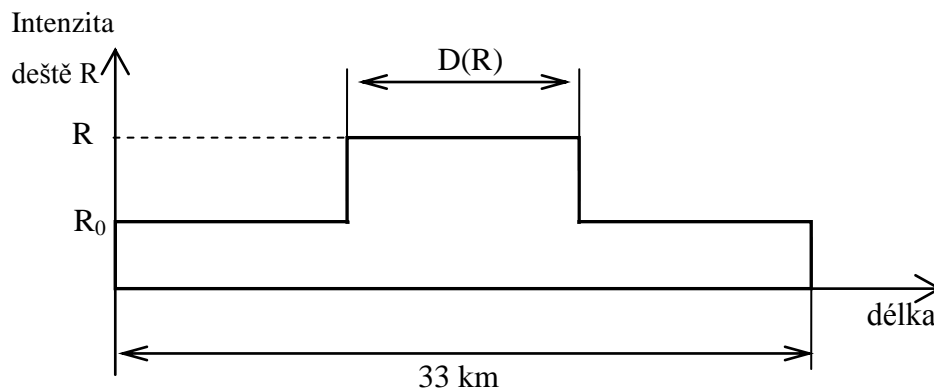
6.3 METODA VÝPOČTU ÚTLUMU MIKROVLNNÉHO SPOJE DEŠTĚM

6.3.1 Metoda Assis - Einloft

Pro výpočet dešťového útlumu jsem si zvolil metodu **Assis – Einloft**. Tato metoda odhaduje na základě statistiky pravděpodobnost ovlivnění mikrovlnného spoje dešťovým jádrem. U této metody je dále předpoklad existence pouze jednoho dešťového jádra na daném mikrovlnném spoji anebo případné nezávislosti mezi srážkovými jádry.

Metoda dále předpokládá válcový tvar dešťového jádra o průměru $D(R)$ [km], o intenzitě srážek R [mm/h] a zbytkové intenzitě srážek R_0 [mm/h] ve zbytku oblasti o průměru 33 km. Tvar jádra a zbytkové oblasti je na obr. 6.3.1.1

Obr. 6.3.1.1 tvar dešťového jádra



Velikost dešťového jádra vypočítáme dle rovnice (6.3.1.1), kde $D(R)$ [km] je průměr jádra a R [mm/h] je intenzita deště, kterou naměřil ombrograf. Zbytkovou intenzitu deště R_0 [mm/h] nám udává rovnice (6.3.1.2).

$$D(R) = 2,2 \cdot \left(\frac{100}{R}\right)^{0,4} \quad [\text{km}] \quad (6.3.1.1)$$

$$R_0 = 10 \cdot (1 - e^{-0,0105 \cdot R}) \quad [\text{mm/h}] \quad (6.3.1.2)$$

Nyní již můžeme vypočítat útlum mikrovlnného spoje pomocí námi vypočítaných hodnot. Ty doplníme do rovnice (6.3.1.3), kde délku mikrovlnného spoje značí l_s [km]. $A(R)$ [dB] útlum mikrovlnného spoje vypočítáme pomocí měrného útlumu ve vnitřním jádru $\alpha(R)$ [dB/km] a vnějším jádru $\alpha(R_0)$ [dB/km], které vypočítáme z níže uvedených rovnic (6.3.1.4) a (6.3.1.5), kam doplníme požadované hodnoty z tabulky 6.3.1.1 pro námi požadovaný kmitočet.

$$A(R) = \alpha(R) \cdot D(R) + \alpha(R_0) \cdot [l_s - D(R)] \quad [\text{dB}] \quad (6.3.1.3)$$

$$\alpha(R) = k \cdot R^\alpha \quad [\text{dB/km}] \quad (6.3.1.4)$$

$$\alpha(R_0) = k \cdot R_0^\alpha \quad [\text{dB/km}] \quad (6.3.1.5)$$

Tab. 6.3.1.1 koeficienty pro výpočet měrného útlumu

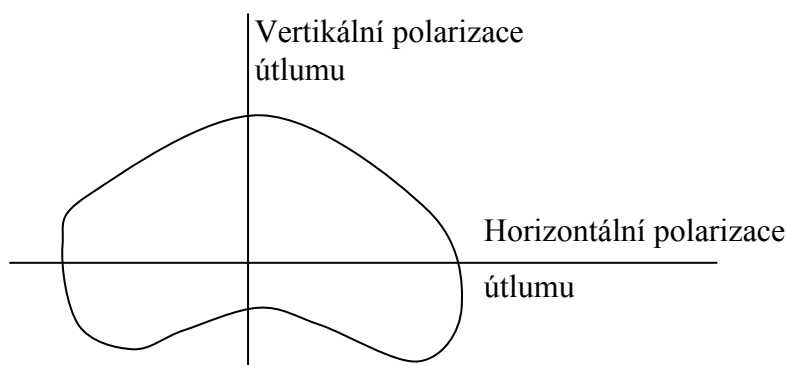
Kmitočet (GHz)	k_H	k_V	α_H	α_V
1	3,78E-05	3,52E-05	0,912	0,88
2	0,000154	0,000138	0,963	0,923
4	0,00065	0,000591	1,121	1,075
6	0,00175	0,00155	1,308	1,265
7	0,00301	0,00265	1,332	1,312
8	0,00454	0,00395	1,327	1,31
10	0,0101	0,00887	1,276	1,264
12	0,0188	0,0168	1,217	1,2
15	0,0367	0,0335	1,154	1,128
20	0,0751	0,0691	1,099	1,065
25	0,124	0,133	1,061	1,03
30	0,187	0,167	1,021	1
35	0,263	0,233	0,979	0,963
40	0,35	0,31	0,939	0,929
45	0,442	0,393	0,903	0,897
50	0,536	0,479	0,873	0,868
60	0,707	0,642	0,826	0,824
70	0,851	0,784	0,793	0,793
80	0,975	0,906	0,769	0,769
90	1,06	0,999	0,753	0,754
100	1,12	1,06	0,743	0,744
120	1,18	1,13	0,731	0,732
150	1,31	1,27	0,71	0,711
200	1,45	1,42	0,689	0,69
300	1,36	1,35	0,688	0,689
400	1,32	1,31	0,683	0,684

Jak lze předpokládat podle tabulky 6.3.1.1, vypočítáme pomocí rovnice (6.3.1.3), (6.3.1.4) a (6.3.1.5) vždy dvě hodnoty, a to pro polarizaci vertikální a pro polarizaci horizontální. Nyní ještě musíme pomocí rovnice (6.3.1.6) (tzv. diferenciální útlum) dopočítat rozdíl výsledku rovnice (6.3.1.3).

$$\Delta A = A(R)_H - A(R)_V \quad [\text{dB}] \quad (6.3.1.6)$$

Důvod, proč počítáme útlum pro vertikální a horizontální polarizaci, je tvar kapky, který je na obr. 6.3.1.2. Pouze do průměru 2 mm je tvar kapky kulový, potom se již tvarem přibližuje obrázku. Od průměru kapky 3 mm se již vyskytuje pouze tento tvar, který je způsoben gravitačními, ale zároveň i odporovými silami. Maximální velikost dešťové kapky je 7 mm.

Obr. 6.3.1.2 dešťová kapka



6.3.2 Metoda zpracování v MS Excel

V záložce **útlum deštěm** jsem vytvořil výše uvedenou tabulku (Tab. 6.3.1.1), a také jsem do této záložky nakopíroval údaje všech vyhodnocovaných let, kde se pravděpodobnost srážek pohybovala okolo 0,01%. Z tabulky lze vyčíst pro každé letní období velikost dešťového jádra $\mathbf{D(R)}$ [km] pro intenzitu deště s pravděpodobností výskytu 0,01%, dále pro tento údaj nalezneme i hodnotu zbytkové intenzity deště $\mathbf{R_0}$ [mm/h], vertikální a horizontální útlumy způsobené deštěm. Jak je vidět na obr. 6.3.2.1, záložka dokumentu obsahuje i buňky pro vložení dat z výše uvedené tabulky 6.3.1.1 a buňku pro vepsání vzdálenosti mikrovlnného spoje.

Pro výpočet hodnoty stačí postupovat dle níže popsaných kroků.

Jako první krok, jak je vidět na obr. 6.3.2.1, je nutné označit data v tabulce koeficientů pro příslušnou frekvenci, kterou chceme vypočítat. Na obr. byla zkopírována data pro kmitočet 12 GHz, která se nachází v buňkách **V14** až **Z14**.

Tato data byla v rámci druhého kroku zkopírována do buňky **V2** až **Z2**. Třetím nejjednodušším krokem je vepsání délky mikrovlnného spoje do buňky **Y4**. V tu chvíli budeme mít ve sloupci **R** vyplněny údaje o velikosti útlumu v horizontálním směru a ve sloupci **S** údaje o útlumu ve směru vertikálním. Všechny hodnoty v těchto sloupcích vždy odpovídají konkrétnímu úseku denního chodu a letnímu období daného roku při pravděpodobnosti výskytu určité intenzity srážky 0,01%.

Obr. 6.3.2.1 popis práce se záložkou - útlum deštěm

1	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M	N	O	P	Q	R	S	T	U	V	W	X	Y	Z
rok	usek	Minimální intenzita v dešti (dB mm)	Četnost za časovou jednotku	Abs. časová úseka	Možný počet minut v daném časovém úseku	Počet minut s povozrnáním v daném časovém úseku	intenzita [mm h]	Abs. Četnost za hodinu	celkové Po(h)/mm	bumlace za časovou jednotku		R_0	α_{HR} pro 12 GHz	α_{VR} pro 12 GHz	$D(R)$	α_{HR}	α_{VR}	$A_{0,001}$ v	$A_{0,001}$ v	ΔA [dB]	Zkopírovat hodnoty z tabulky koeficientů pro výpočet					
2	1923	1	4	1	51840	51480	24	0,02	0,010%	5	0,01%	2,2276	0,8992	0,7613	3,8935	0,0498	0,0439	4,054573472	3,452	0,60257	12	0,0188	0,0168	1,217	1,2	
3	1923	2	6	1	51840	51780	36	0,02	0,012%	6	0,01%	3,1477	1,4729	1,2384	3,3106	0,0759	0,0665	5,763352834	4,8774	0,88596						
4	1923	2	7	1	51840	51780	42	0,02	0,010%	5	0,01%	3,5661	1,7769	1,4901	3,1126	0,0883	0,0773	6,580809294	5,5564	1,02442						
5	1923	3	3	3	51840	51840	18	0,05	0,010%	5	0,01%	1,7221	0,6336	0,5391	4,3683	0,0364	0,0323	3,155127696	2,6977	0,45743						
6	1924	1	3	2	66240	66240	18	0,03	0,011%	7	0,01%	1,7221	0,6336	0,5391	4,3683	0,0364	0,0323	3,155127696	2,6977	0,45743						
7	1924	2	6	2	66240	66240	36	0,03	0,011%	7	0,01%	3,1477	1,4729	1,2384	3,3106	0,0759	0,0665	5,763352834	4,8774	0,88596						
8	1924	3	10	1	66240	66240	60	0,02	0,011%	7	0,01%	4,6741	2,7426	2,2861	2,6987	0,1228	0,1069	8,912200523	7,4844	1,42775						
9	1924	3	11	1	66240	66240	66	0,02	0,009%	6	0,01%	4,9993	3,0799	2,5631	2,5978	0,1333	0,1159	9,633866731	8,0955	1,5384						
10	1924	4	6	1	66240	66240	36	0,02	0,009%	6	0,01%	3,1477	1,4729	1,2384	3,3106	0,0759	0,0665	5,763352834	4,8774	0,88596						
11	1925	2	7	2	66240	64500	42	0,03	0,009%	6	0,01%	3,5661	1,7769	1,4901	3,1126	0,0883	0,0773	6,580809294	5,5564	1,02442						
12	1925	3	12	2	66240	64440	72	0,03	0,011%	7	0,01%	5,3046	3,424	2,8452	2,5089	0,1432	0,1244	10,37975333	8,6925	1,68726						
13	1925	4	7	1	66240	64440	42	0,02	0,011%	7	0,01%	3,5661	1,7769	1,4901	3,1126	0,0883	0,0773	6,580809294	5,5564	1,02442						
14	1925	4	8	3	66240	64440	48	0,05	0,009%	6	0,01%	3,9589	2,0904	1,749	2,9507	0,1003	0,0876	7,376984539	6,2162	1,16083						
15	1926	2	7	1	66240	66240	42	0,02	0,011%	7	0,01%	3,5661	1,7769	1,4901	3,1126	0,0883	0,0773	6,580809294	5,5564	1,02442						
16	1926	2	9	1	66240	66240	54	0,02	0,009%	6	0,01%	4,3278	2,4126	2,0146	2,8149	0,1118	0,0975	8,153637496	6,8584	1,29525						
17	1927	1	5	4	66240	66240	30	0,07	0,011%	7	0,01%	2,7021	1,1798	0,9951	3,561	0,063	0,0554	4,922335435	4,177	0,74537						
18	1927	3	4	4	66240	66240	24	0,07	0,011%	7	0,01%	2,2276	0,8992	0,7613	3,8935	0,0498	0,0439	4,054573472	3,452	0,60257						
19	1928	2	8	1	66240	66240	48	0,02	0,011%	7	0,01%	3,9589	2,0904	1,749	2,9507	0,1003	0,0876	7,376984539	6,2162	1,16083						
20	1928	2	14	1	66240	66240	84	0,02	0,009%	6	0,01%	5,8605	4,1305	3,4233	2,3589	0,1617	0,1402	11,7876999	9,8478	1,93986						
21	1928	3	13	1	66240	66240	78	0,02	0,011%	7	0,01%	5,9613	3,7743	3,132	2,4299	0,1527	0,1325	11,09074107	9,2764	1,81439						
22	1928	3	14	1	66240	66240	84	0,02	0,009%	6	0,01%	5,8605	4,1305	3,4233	2,3589	0,1617	0,1402	11,7876999	9,8478	1,93986						
23	1928	4	10	1	66240	66240	60	0,02	0,009%	6	0,01%	4,6741	2,7426	2,2861	2,6987	0,1228	0,1069	8,912200523	7,4844	1,42775						
24	1929	2	4	4	66240	65580	24	0,07	0,009%	6	0,01%	2,2276	0,8992	0,7613	3,8935	0,0498	0,0439	4,054573472	3,452	0,60257						
25	1929	3	9	1	66240	65520	54	0,02	0,009%	6	0,01%	4,3278	2,4126	2,0146	2,8149	0,1118	0,0975	8,153637496	6,8584	1,29525						
26	1929	4	11	1	66240	65520	66	0,02	0,009%	6	0,01%	4,9993	3,0799	2,5631	2,5978	0,1333	0,1159	9,633866731	8,0955	1,5384						
27	1930	2	5	3	66240	66240	30	0,05	0,009%	6	0,01%	2,7021	1,1798	0,9951	3,561	0,063	0,0554	4,922335435	4,177	0,74537						
28	1930	4	4	3	66240	66240	24	0,05	0,009%	6	0,01%	2,2276	0,8992	0,7613	3,8935	0,0498	0,0439	4,054573472	3,452	0,60257						
29	1931	1	4	1	66240	56880	24	0,02	0,011%	7	0,01%	2,2276	0,8992	0,7613	3,8935	0,0498	0,0439	4,054573472	3,452	0,60257						
30	1931	1	5	2	66240	56880	30	0,03	0,009%	6	0,01%	2,7021	1,1798	0,9951	3,561	0,063	0,0554	4,922335435	4,177	0,74537						
31	1931	2	5	4	66240	56880	30	0,07	0,011%	7	0,01%	2,7021	1,1798	0,9951	3,561	0,063	0,0554	4,922335435	4,177	0,74537						
32	1931	3	20	2	66240	56880	120	0,03	0,009%	6	0,01%	7,1635	6,3756	5,252	2,0453	0,2065	0,1784	15,71449379	13,053	2,66124						

Pro zjištění závislosti kmitočtu na útlumu mikrovlnných spojů je vytvořena záložka **útlum deště pro různé f** (kmitočty), kde jsou opět nakopírována data s pravděpodobností výskytu srážkové intenzity 0,01%. V této záložce dále najdeme tabulku koeficientů, ke které je přiřazen automatický výpočet horizontálního i vertikálního útlumu mikrovlnného spoje pro daný kmitočet, dále graf tvaru dešťového jádra. V záložce je také vytvořen graf závislosti již zmíněného kmitočtu na útlumu spoje. Pověšměte si, že na obr. 6.3.2.2 nejsou v tabulce

s výpočtem útlumů mikrovlnného spoje zvýrazněny všechny vypočítané hodnoty. Je to z důvodu nízkého útlumu spoje při kmitočtech pod 10 GHz. Útlum těchto spojů se zanedbává.

Obdobně jako u předcházející záložky je třeba nejprve nakopírovat vstupní data. V obrázku byly zvoleny údaje z r. 1924 z 3. úseku denního chodu. Jedná se o buňky A9 až J9, které nakopírujeme v rámci druhého kroku do buňky V2 až AE2. Jako třetí, a znovu jako nejjednodušší krok, musíme zvolit délku mikrovlnného spoje, kterou vpišeme do buňky Y4.

Obr. 6.3.2.2 záložka pro výpočet útlumu deštěm pro různé kmitočty

The image shows a spreadsheet interface for calculating rain attenuation. The spreadsheet has columns labeled A through AE. Key data points are highlighted with red circles and arrows:

- Annotation 1:** Points to the date '1924' in column V, row 11.
- Annotation 2:** Points to the 'Délka mikrovlnného spoje' (microwave link length) field in column Y, row 4, which is set to '20 km'.
- Annotation 3:** Points to the 'Délka mikrovlnného spoje' field in column Y, row 4, which is set to '20 km'.

Summary statistics shown in the spreadsheet:

- D (R) : 2,5978 km
- R₀ : 4,99925 mm/h

Two charts are included:

- Tvar dešťového jádra (Rain Drop Size Distribution):** A plot of intensity (mm/h) vs. diameter (μm). The x-axis ranges from 0 to 35 μm, and the y-axis ranges from 0 to 60 mm/h. The curve shows a peak around 15-20 μm.
- Útlum mikrovlnného spoje deštěm (Rain Attenuation):** A plot of attenuation (dB) vs. frequency (GHz). The x-axis ranges from 0 to 500 GHz, and the y-axis ranges from 0 to 140 dB. The curve shows a sharp increase in attenuation starting around 100 GHz, reaching approximately 130 dB at 400 GHz.

7 VÝSLEDKY MĚŘENÍ

7.1 SPOLEHLIVOST STANICE

Spolehlivost meteorologické stanice byla počítána z naměřených údajů obsahujících informaci o sumě minut měřených stanicí fyzicky a sumě minut, které by stanice měla měřit při plné 100% funkčnosti.

Průměrná spolehlivost stanice v letním období od r. 1923 do r. 2000 činí 86,38% . Toto číslo je podstatně ovlivněno faktem, že v údajích naprosto chybí údaje za 3 roky (1942, 1997 a 1998). Při vynechání těchto tří let se dostáváme na spolehlivost stanice 89,84%, což je poměrně markantní rozdíl, uvážíme-li takovéto množství informací.

Jako kritickou hodnotu, kdy je možné brát data za objektivní, jsem zvolil 90% hranici. Tímto kritériem vyšlo více jak 64% vyhodnocovaných dat jako vyhovující. Pro doplnění, jedná se o 50 letních období ze 78 vyhodnocovaných. Z toho vyplývá, že zbývajících 28 letních úseků je pod 90% hranicí spolehlivosti.

Tab. 7.1.1 ukazuje všechna letní období, kdy byla spolehlivost stanice 100%. Tab. 7.1.2 ukazuje roky s nejnižší spolehlivostí stanice.

Tab. 7.1.1 spolehlivost meteorologické stanice 100%

Spolehlivost stanice 100%	
1924	1975
1926	1976
1927	1978
1928	1983
1930	1987
1934	1989
1951	

Tab. 7.1.2 nejnižší spolehlivost meteorologické stanice

Nejnižší spolehlivost stanice	
1942	chybí
1997	chybí
1998	chybí
1981	48,78%
1943	51,54%
1941	56,16%
1967	62,95%

Spolehlivost stanice byla na počátku měření poměrně vyhovující, kromě r. 1931. Od r. 1938 do r. 1948 stanice vykazovala značnou nespolehlivost, což by mohlo být způsobeno válečným a povalečným stavem našeho státu.

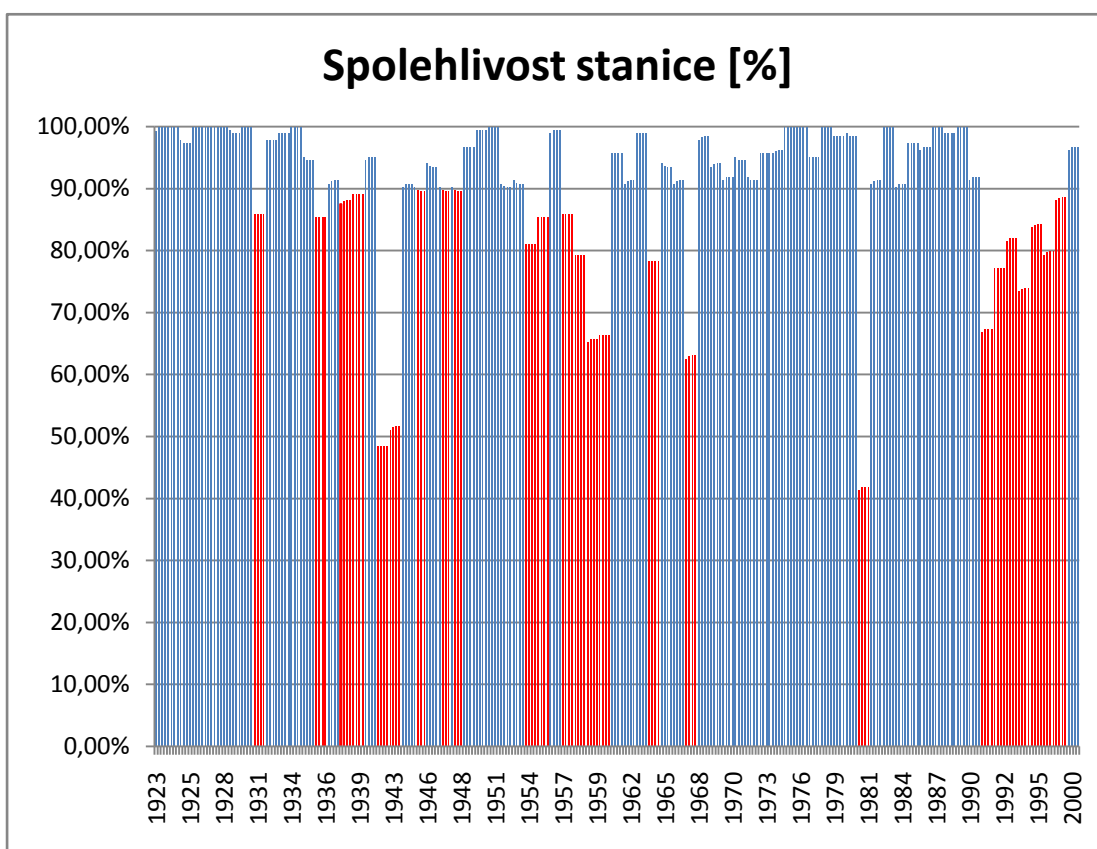
Další poměrně velký výskyt chybějících dat je od r. 1954 do r. 1960, možná z nějakých politických důvodů, nebo se jedná o fakt, že se o stanici neměl kdo starat, a nebyl o to v té době prioritní zájem.

Po tomto období je již fungování stanice poměrně kvalitní. Velkým zlomem je až rok 1991, kdy je spolehlivost stanice 67%, a data z roku 1997 a 1998 chybí úplně. Faktem je, že

v této době celou ČR zasáhlo několik povodňových vln, které mohly stanici poškodit. V roce 2000 již stanice dosáhla znovu poměrně dobré spolehlivosti 96%.

Obr. 7.1.1 je grafem spolehlivosti meteorologické stanice v Třeboni. Na obr. jsou vyznačeny červenou barvou všechny denní chody příslušných vyhodnocovaných letních období, kde spolehlivost nedosáhla 90%. Záměrně jsou zde vynechány chybějící roky, o kterých jsem hovořil v předcházející části. Ostatní sloupce, denní chody v příslušných letních obdobích, které jsou označeny barvou modrou, splňují požadovanou 90% hranici.

Obr. 7.1.1 graf spolehlivosti meteorologické stanice v letním období



7.2 INTENZITA SRÁŽEK V LETNÍM OBDOBÍ

Při analýze dat jsem narazil na velmi zajímavé údaje týkající se maximální intenzity srážek v daném období. Pro instalovaný druh ombrografu je max. intenzita srážek okolo 150 mm/h, kterou lze naměřit požadovanou přesností. Tato hodnota však byla mnohdy překročena, a to ve 165 případech, což činí 5,25% celkových hodnot. Nad 250 mm/h tato hodnota byla překročena již jen 48x, což odpovídá 1,5% z celkových hodnot.

Velice zajímavým faktem je, že takto vysoké údaje byly naměřeny při poměrně vysoké spolehlivosti. Vezměme si zpět hodnotu nad 150 mm/h a spolehlivost stanice

se zvolenou kritickou hodnotou 90% a dostaneme se k 3,28% z celkových změřených údajů. To odpovídá 103 hodnotám, což je více než 62% hodnot naměřených nad zvolenou kritickou hodnotou spolehlivosti.

Tab. 7.2.1 udává šest nejvyšších naměřených hodinových intenzit deště ve vyhodnocovaném období, seřazených sestupně od nejvyšší hodnoty. Je zajímavé, že nejvyšší hodnota, která byla naměřena v r. 1978 v době od 18. do 24. hodiny UTC, by měla být objektivní, protože spolehlivost stanice je 100%. O to je tento údaj zajímavější a případnou chybu naměřené hodnoty, která je až přespříliš vysoká, bych zjevně připisoval selhání lidského faktoru (pravděpodobně špatně opsaná hodnota z ombrogramu). Tabulka je též doplněna údajem ročního úhrnu srážek v daném úseku. Ten i přes vysokou hodinovou intenzitu nepatří k nejvyšším, ale spíše k průměrným. Naopak v r. 1938 byl skutečný naměřený úhrn srážek pro daný 3. úsek (od 12 do 18 hodin UTC) 214 mm/rok. Při teoretické 100% funkčnosti stanice by byl úhrn až 243 mm/rok. Na příkladu z r. 1978 je dobře vidět, že naměřená max. intenzita srážek byla dosažena pouze jednou v rozmezí jedné minuty, jinak by byl úhrn srážek v daném úseku mnohem vyšší.

Tab. 7.2.1 nejvyšší hodinové intenzity ve sledovaném období v minutových úsecích

Nejvyšší hodinová intenzita				
rok	úsek	Hodinová intenzita [mm/h]	Spolehlivost stanice [%]	H [mm/rok]
1978	4	648	100,00%	125,4
1991	4	624	67,39%	84,4
1993	3	498	82,07%	127,5
1938	3	462	88,04%	214
1986	3	462	96,74%	157
1936	3	426	85,33%	157,7

7.3 ROČNÍ ÚHRN SRÁŽEK V LETNÍM OBDOBÍ

7.3.1 Maximální a minimální úhrny srážek

Tab. 7.3.1.1 ukazuje tři nejvyšší hodnoty srážkového úhrnu v letním období při spolehlivosti stanice nad kritickou 90% hranicí. Tabulka je seřazena sestupně od nejvyššího teoreticky dosažitelného úhrnu při 100% funkčnosti stanice. Tabulka dále obsahuje údaj skutečného dosaženého úhrnu srážek v letním období, spolehlivost stanice a rozdělené srážkové úhrny v jednotlivých denních chodech.

Tab. 7.3.1.1 nejvyšší úhrn srážek za rok při spolehlivosti nad 90%

Nejvyšší úhrn srážek za rok při spolehlivosti nad 90%							
rok	H při teoretické 100% funkčnosti [mm/L období]	H [mm/L období]	prům. měření stanice za L období [%]	suma srážek v denním chodu			
				1	2	3	4
1966	567,44	518,1	91,30%	144	90,9	140,3	142,9
1974	561,98	540,6	96,20%	108	108,5	165,4	158,7
2000	558,93	540,7	96,74%	74	88,6	212	166,1

Tab. 7.3.1.2 je identická s tab. 7.3.1.1, jen zde jsou uvedeny i hodnoty letních období, které jsou pod kritickou hodnotou spolehlivosti. Při porovnání tabulky 7.3.1.1 a 7.3.1.2 je vidět zřejmý rozdíl teoretického úhrnu srážek, který je např. v r. 1960 vysoký, pravděpodobně pro dosti nízkou spolehlivost stanice.

Tab. 7.3.1.2 nejvyšší úhrn srážek bez ohledu na kritickou spolehlivost stanice

Nejvyšší úhrn srážek za rok							
rok	H při teoretické 100% funkčnosti [mm/L období]	H [mm/L období]	prům. měření stanice za L období [%]	suma srážek v denním chodu			
				1	2	3	4
1960	708,10	469,5	66,30%	185,7	73,1	88,6	122,1
1939	602,26	536,8	89,13%	110,5	104,3	142,8	179,2
1931	600,68	515,8	85,87%	79,1	82,3	127,6	226,8

Pro úplnost ještě uvedu tab. 7.3.1.3 a 7.3.1.4, ve které jsou uvedeny nejnižší úhrny srážek ve sledovaném období. Tabulka 7.3.1.3 bude opět obsahovat data s ohledem na kritickou hranici spolehlivosti, v tabulce 7.3.1.4 toto kritérium již zohledňováno nebude. Tabulky jsou řazeny sestupně, od nejnižšího získaného údaje.

Tab. 7.3.1.3 nejnižší úhrn srážek za rok při spolehlivosti nad 90%

Nejnižší úhrn srážek za rok při spolehlivosti nad 90%							
rok	H při teoretické 100% funkčnosti [mm/L období]	H [mm/L období]	prům. měření stanice za L období [%]	suma srážek v denním chodu			
				1	2	3	4
1930	308,10	308,1	100,00%	57,9	58,5	99,4	92,3
1927	309,10	309,1	100,00%	86,6	59,7	88,4	74,4
1970	310,48	285,1	91,83%	41,4	62,3	112	69,4

Tab. 7.3.1.4 nejnižší úhrn srážek bez ohledu na kritickou spolehlivost stanice

Nejnižší úhrn srážek za rok							
rok	H při teoretické 100% funkčnosti [mm/L období]	H [mm/L období]	prům. měření stanice za L období [%]	suma srážek v denním chodu			
				1	2	3	4
1999	244,42	216,5	88,58%	57,6	32,1	77,3	49,5
1992	249,31	192,4	77,17%	38,2	58,8	56,1	39,3
1967	275,00	173,1	62,95%	41,1	44,7	44,1	43,2

7.3.2 Úhrn srážek z hlediska denního chodu

Nyní se zaměříme na vyhodnocení srážkového úhrnu z hlediska všech čtyř úseků denního chodu.

První úsek denního chodu se vyznačuje poměrně vysokou srážkovitostí v r. 1960, kde tato hodnota činí 280,1 mm tohoto úseku v letním období, ale pouze při 66% spolehlivosti stanice. Druhá nejvyšší hodnota tohoto úseku je již pouhých 158,7 mm v letním období při spolehlivosti 91%. V tomto případě je patrný značný rozdíl, který je způsoben teoretickým dopočítáním do 100% hodnoty funkčnosti.

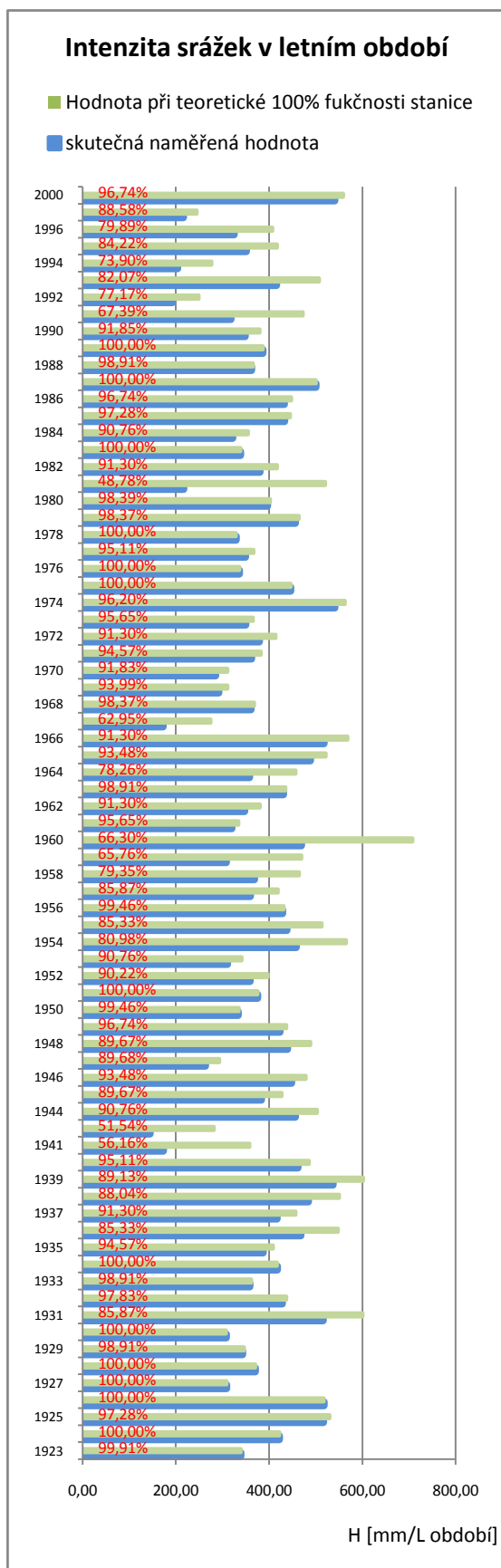
V druhém úseku byla nejvyšší hodnota naměřena 152,8 mm tohoto úseku v letním období v r. 1942, kdy byla spolehlivost stanice pouze 42%. Tato hodnota však nemusí být absurdní, protože není nijak výrazně vzdálena od hodnot naměřených v jiných letech. Např. v r. 1926 byla spolehlivost 100% a úhrn činil 134,9 mm tohoto úseku v letním období.

V úseku třetím dosahujeme již dosti výrazného zvýšení srážkového úhrnu oproti dvěma předchozím úsekům. V případě tří let je dokonce úhrn vyšší než 200 mm srážek tohoto úseku v letním období, při celkem vysoké a uspokojivé spolehlivosti, které činí v r. 1963 téměř 99% a v r. 2000 97%. V r. 1938 je sice spolehlivost nižší, činí 88%, ale i tak není výsledek zcela zanedbatelný.

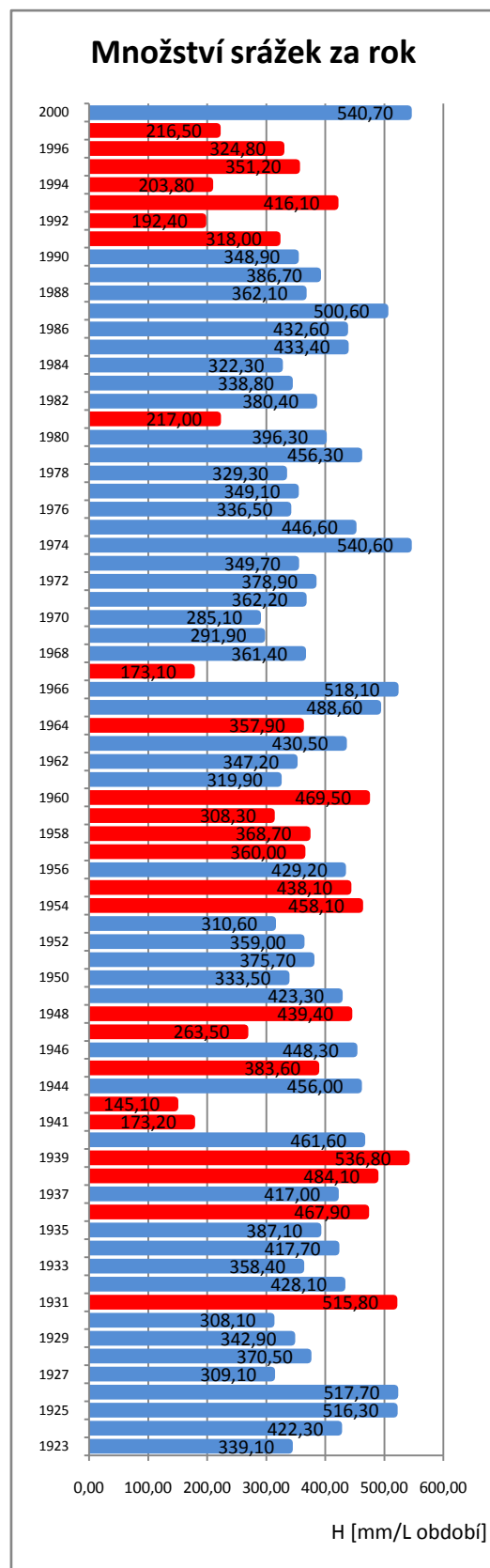
Velice obdobné výsledky nacházíme ve čtvrtém úseku, kde nejvyšší hodnota 264 mm srážek tohoto úseku v letním období byla naměřena v r. 1931 při spolehlivosti stanice 86%. Následující hodnoty 201,1 a 200 mm tohoto úseku v letním období nejsou také nijak malé. První údaj byl naměřen roku 1939 při téměř 90% spolehlivosti stanice, druhý údaj v r. 1987 dokonce při 100% spolehlivosti.

Na obr. 7.3.2.1 je graf intenzity srážek za celé sledované období, kde modrý sloupec představuje skutečný úhrn srážek daného roku a sloupec zelený hodnotu teoretickou. Graf je doplněn číselným údajem o spolehlivosti stanice pro každý rok.

Obr. 7.3.2.1 graf srážkového úhrnu sledovaného období



Obr. 7.3.2.2 graf srážkového úhrnu se skutečnými hodnotami úhrnu srážek v letním období



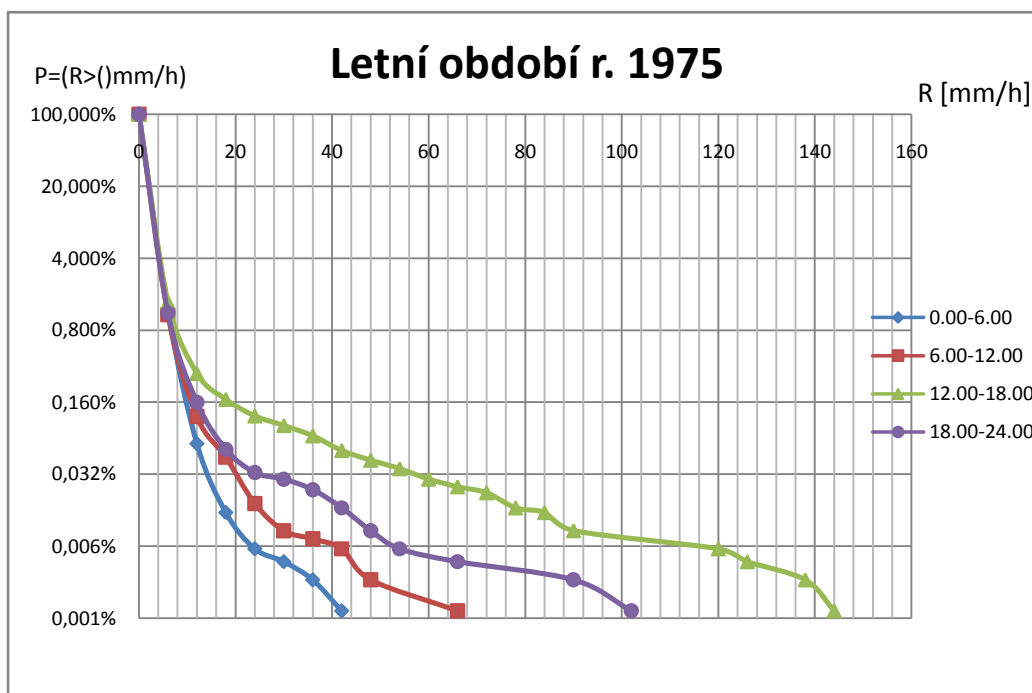
Na obr. 7.3.2.2 je graf skutečných naměřených hodnot úhrnu srážek pro každý rok letního období. Červené sloupce grafu značí hodnoty úhrnu, které byly naměřeny pod kritickou hladinou spolehlivosti. Modré sloupce jsou naměřené úhrny se splněnou 90% kritickou hodnotou. Každý sloupec je též doplněn vlastní hodnotou, která je konkrétní velikostí daného srážkového úhrnu pro letní období.

7.4 PRAVDĚPODOBNOST VÝSKYTU SRÁŽEK

Na následujícím obrázku (obr. 7.4.1) je zobrazen graf četnosti výskytu srážek pro letní období roku 1975. Záměrně jsem vybral graf, u kterého je spolehlivost stanice 100%, s maximální intenzitou deště $R=150$ mm/h, aby byl zobrazený graf co nejvíce objektivní. Zobrazení všech grafů by bylo dosti nepřehledné a poměrně zbytečné.

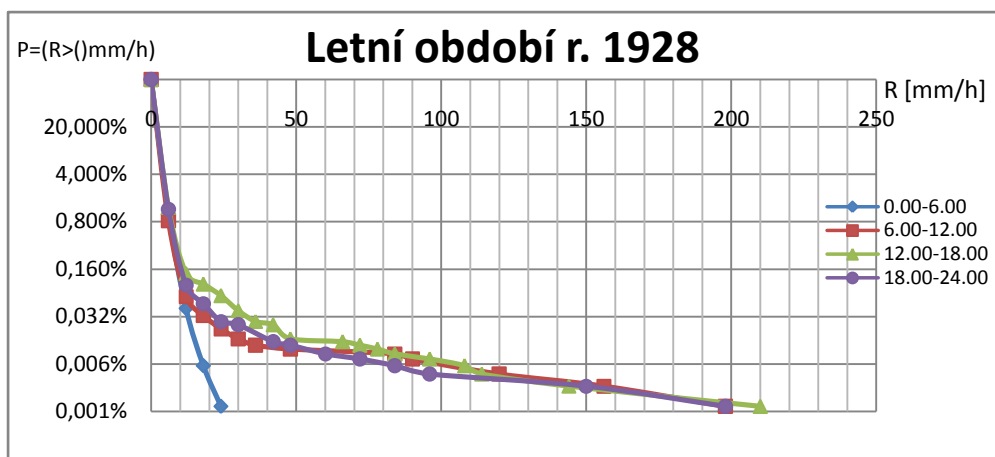
Na vodorovné ose grafu je vynesena intenzita srážek R [mm/h], na ose svislé je pravděpodobnost výskytu dané intenzity srážek P [%]. Graf obsahuje čtyři datové řady, kterým odpovídá vždy jedna distribuční funkce pro denní chod, jak již naznačuje legenda grafu.

Obr. 7.4.1 graf pravděpodobnosti výskytu srážek r. 1975

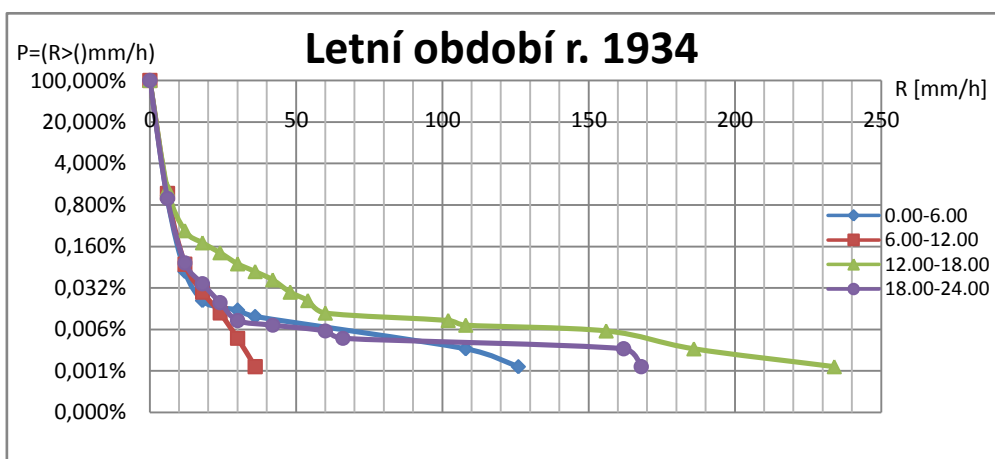


Pro názornost jsem níže uvedl ještě několik grafů, které sice splňují podmínku 100% spolehlivosti stanice, ale již nesplňují podmínku maximální srážkové intenzity 150 mm/h. U těchto grafů jsem zvolil kritérium do $R = 250$ mm/h.

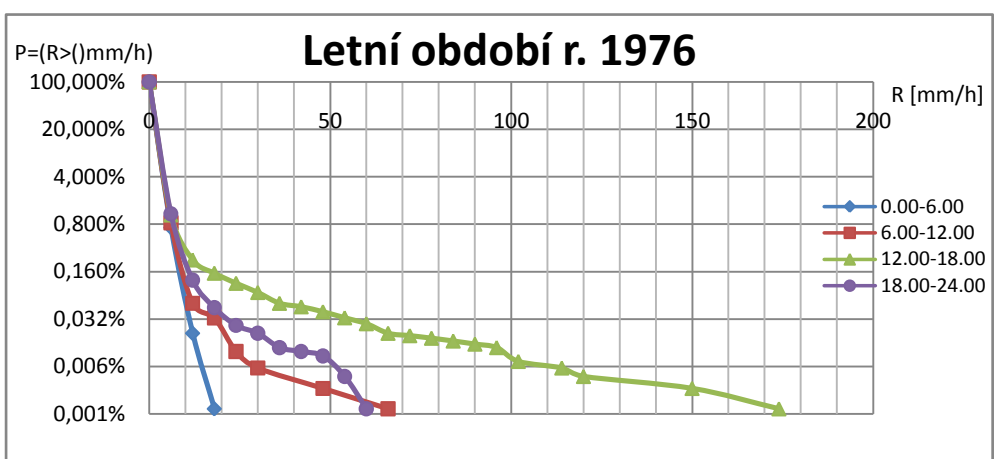
Obr. 7.4.2 graf pravděpodobnosti výskytu srážek r. 1928



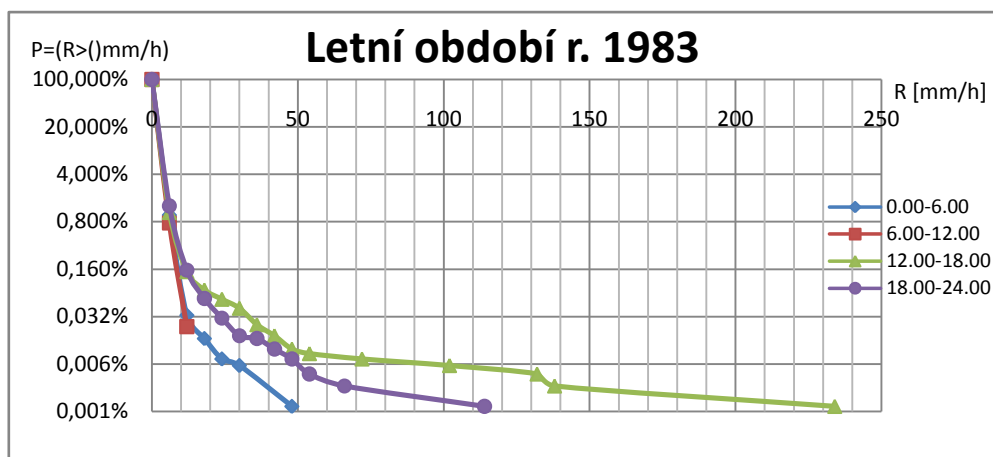
Obr. 7.4.3 graf pravděpodobnosti výskytu srážek r. 1934



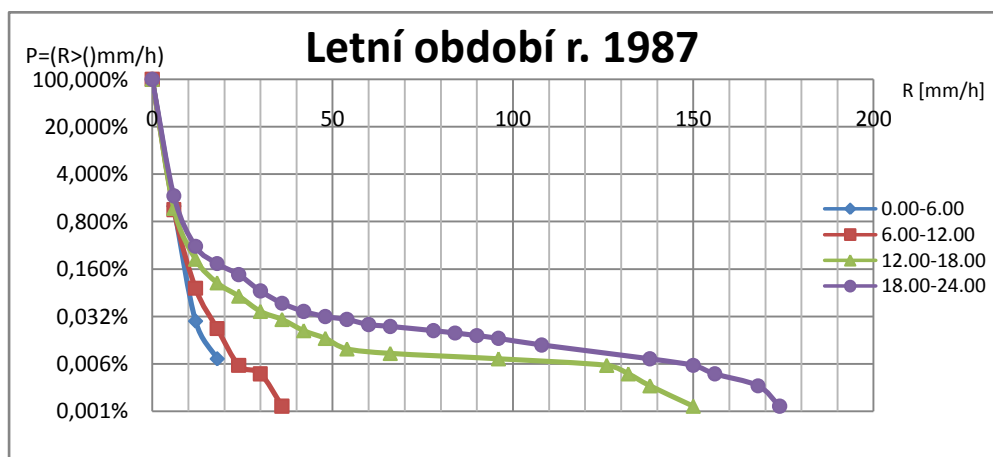
Obr. 7.4.4 graf pravděpodobnosti výskytu srážek r. 1976



Obr. 7.4.5 graf pravděpodobnosti výskytu srážek r. 1983



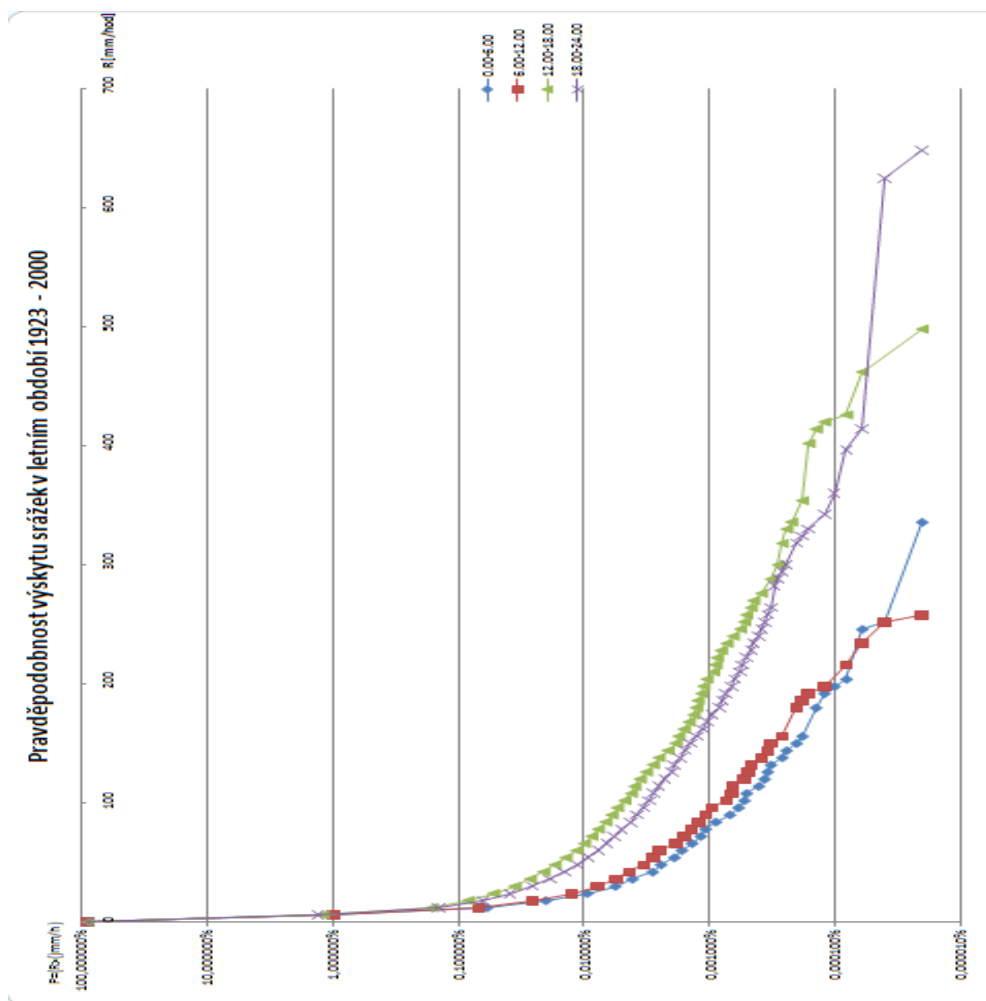
Obr. 7.4.6 graf pravděpodobnosti výskytu srážek r. 1987



Jak je z předcházejících obrázků evidentně vidět, mnohem větší množství srážek i o vyšší intenzitě se vyskytuje v druhé polovině dne, spíše však ve 3. úseku denního chodu. Jeden z nepříliš obvyklých grafů je na obr. 7.4.6, kde je evidentní mnohem vyšší pravděpodobnost vysoké srážkové intenzity ve 4. úseku denního chodu. V tomto roce byl i pro tento, již zmíněný, 4. úsek poměrně dost vysoký úhrn srážek, který jen pro úsek od 18.00 do 24.00 hodin UTC tvoří 200 mm za letní období.

Jak je však vidět na obr. 7.4.7, který je grafem pravděpodobnosti výskytu srážek za celé zpracovávané letní období, výskyt srážek převažuje v úseku od 12.00 do 18.00 UTC. Graf jsem vytvořil ze všech údajů bez ohledu na spolehlivost stanice, která není vždy naprosto objektivní. Asi bychom neměli brát v úvahu hodnoty nad 300 mm/h, které se již opravdu hodně vzdalují od hodnot, které je schopen tento typ srážkoměru zaznamenat. Jinak si povšimněme velikého rozdílu mezi první a druhou polovinou dne, kde u prvního a druhého úseku máme mnohem nižší pravděpodobnost výskytu srážek než v úseku třetím a čtvrtém.

Obr. 7.4.7 pravděpodobnost výskytu srážek za celé sledované období



7.5 PRAKTICKÝ VÝPOČET ÚTLUMU MIKROVLNNÉHO SPOJE

Metoda výpočtu již byla zmíněna v kapitole 6.3, kde byly rozepsány všechny nezbytné úkony k získání dobrého výsledku. Nyní předvedu praktický výpočet s dosazením hodnot.

Budeme počítat útlum mikrovlnného spoje vlivem deště o délce $l_s = 38$ km, kmitočtu $f = 200$ GHz. Spoj bude procházet dešťovým jádrem o intenzitě srážek $R = 42$ mm/h. Tato intenzita deště odpovídá např. 2. úseku denního chodu r. 1925, kdy byla pravděpodobnost výskytu této srážkové intenzity 0,01%.

V první řadě si vypočítáme velikost dešťového jádra $D(R)$ [km] podle rovnice (6.3.1.1), kde prozatím upotřebíme pouze hodnotu R .

$$D(R) = 2,2 \cdot \left(\frac{100}{R}\right)^{0,4} = 2,2 \cdot \left(\frac{100}{42}\right)^{0,4} = 2,2 \cdot 2,38^{0,4} = 2,2 \cdot 1,415 = 3,113 \text{ [km]} \quad (7.5.1)$$

Dále budeme počítat zbytkovou intenzitu deště R_0 [mm/h], která taktéž vychází pouze z velikosti intenzity deště. Zbytkovou intenzitu budeme počítat podle rovnice (6.3.1.2) uvedeného v kapitole 6.3.1.

$$R_0 = 10 \cdot (1 - e^{-0,0105 \cdot R}) = 10 \cdot (1 - e^{-0,0105 \cdot 42}) = 10 \cdot (1 - e^{-0,441}) = 10 \cdot (1 - 0,643) = 10 \cdot 0,357 = 3,567 \text{ [mm/h]} \quad (7.5.2)$$

Nyní potřebujeme vypočítat $\alpha(R)$ [dB/km] a $\alpha(R_0)$ [dB/km] pro zadaný kmitočet 200 GHz podle vzorců (6.3.1.4) a (6.3.1.5). Využijeme k tomuto výpočtu tabulku koeficientů 6.3.1.1, která byla uvedena výše. Pro snazší orientaci jsou na obr. 7.5.1 vidět všechny potřebné údaje k tomuto výpočtu.

Obr. 7.5.1 hodnoty konstant pro výpočet příkladu

Kmitočet (GHz)	k_H	k_V	α_H	α_V
1	3,78E-05	3,52E-05	0,912	0,88
2	0,000154	0,000138	0,963	0,923
10	0,00065	0,00058	0,987	0,975
150	1,31	1,27	0,71	0,711
200	1,45	1,42	0,689	0,69
300	1,36	1,35	0,688	0,689
400	1,32	1,31	0,683	0,684

$$\alpha(R)_H = k_H \cdot R^{\alpha_H} = 1,45 \cdot 42^{0,689} = 1,45 \cdot 13,135 = 19,045 \text{ [dB/km]} \quad (7.5.3)$$

$$\alpha(R)_V = k_V \cdot R^{\alpha_V} = 1,42 \cdot 42^{0,69} = 1,4 \cdot 13,184 = 18,721 \text{ [dB/km]} \quad (7.5.4)$$

$$\alpha(R_0)_H = k_H \cdot R_0^{\alpha_H} = 1,45 \cdot 3,567^{0,689} = 1,45 \cdot 2,402 = 3,483 \text{ [dB/km]} \quad (7.5.5)$$

$$\alpha(R_0)_V = k_V \cdot R_0^{\alpha_V} = 1,42 \cdot 3,567^{0,69} = 1,42 \cdot 2,405 = 3,415 \text{ [dB/km]} \quad (7.5.6)$$

Povšimněme si, že je nutné u této metody počítat horizontální a vertikální část prozatím zvlášť. Je to způsobeno tím, že lze tento postup aplikovat nejen u terestriálního, ale i u satelitního spoje. V případě spoje satelitního je však nutná úprava některých rovnic. Je zde nutné např. započítávat elevační úhel spoje a do těchto výpočtů musíme, mimo jiné, zahrnout i výšku dešťové oblasti, která je pro terestriální spoje nepotřebná.

V této fázi již můžeme dosadit do rovnice (6.3.1.3) a vypočítat útlum vertikální i horizontální polarizaci.

$$A(R)_H = \alpha(R)_H \cdot D(R) + \alpha(R_0)_H \cdot [l_S - D(R)] = 19,04 \cdot 3,11 + 3,48 \cdot [38 - 3,11] = 59,287 + 3,48 \cdot 34,88 = 59,287 + 121,511 = 180,798 \text{ [dB]} \quad (7.5.7)$$

$$A(R)_V = \alpha(R)_V \cdot D(R) + \alpha(R_0)_V \cdot [l_S - D(R)] = 18,72 \cdot 3,11 + 3,41 \cdot [38 - 3,11] = 58,219 + 3,41 \cdot 34,88 = 58,219 + 118,941 = 177,16 \text{ [dB]} \quad (7.5.8)$$

Rozdíl útlumu horizontální a vertikální polarizace vypočítáme dle rovnice (6.3.1.6)

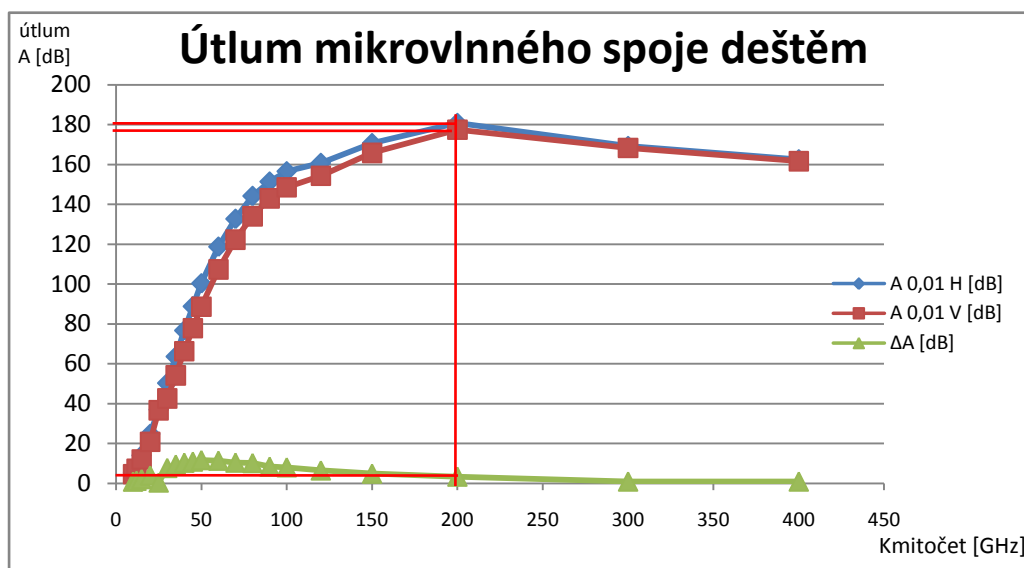
$$\Delta A = A(R)_H - A(R)_V = 180,798 - 177,16 = 3,638 \text{ [dB]} \quad (7.5.9)$$

Pro upřesnění ještě doplním graf tvaru dešťového jádra (obr. 7.5.2) a graf útlumu mikrovlnného spoje deštěm pro kmitočty nad 10 GHz (obr. 7.5.3), kde bude vyznačen kmitočet 200 GHz.

Obr. 7.5.2 tvar dešťového jádra pro počítaný příklad



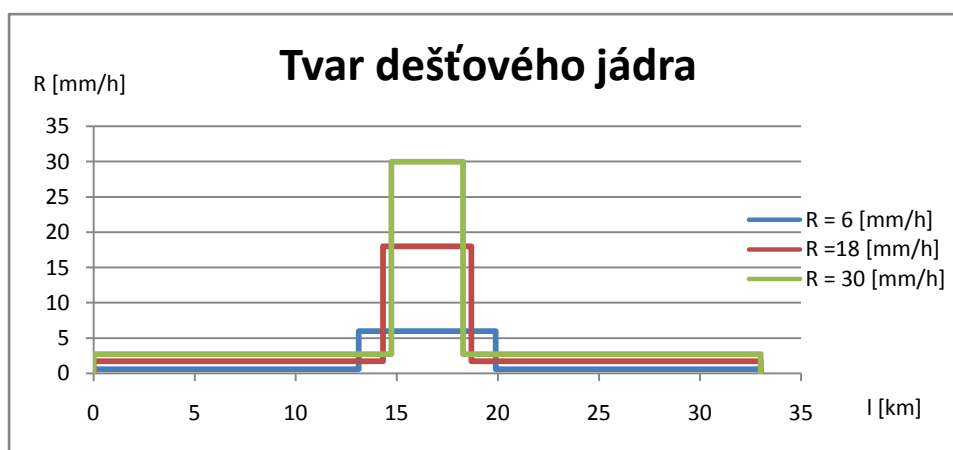
Obr. 7.5.3 útlum mikrovlnného spoje pro zadaný příklad



7.6 TVAR DEŠŤOVÉHO JÁDRA

Je samozřejmé, že dešťové jádro není stále stejné. Pokud budeme uvažovat model Assis – Einloft, tvar se mění v závislosti na rovnici (6.3.1.1), který mění průměr dešťového jádra, ale zároveň i podle rovnice (6.3.1.2), který mění zbytkovou intenzitu srážek R_0 ve zbývající části dešťové oblasti. Jak ukazuje obr. 7.6.1, při vyšší intenzitě srážek R v dešťovém jádře se průměr jádra $D(R)$ zmenšuje, a naopak zbytková intenzita R_0 se zvyšuje.

Obr. 7.6.1 tvar dešťového jádra při různé intenzitě srážek



7.7 VÝSKYT DEŠŤOVÝCH SRÁŽEK

Dešťové srážky o intenzitě srážek $R > 12$ mm/h odpovídají v celé době pozorovaného období 9553 minutám. Toto číslo odpovídá 0,0242% všech vyhodnocovaných dat. Dešťové srážky o intenzitě srážek $R \geq 12$ mm/h odpovídají v celé době pozorovaného období 21471 minutám, což odpovídá 0,0544% všech vyhodnocovaných dat. Tabulka 7.7.1 ukazuje přepočtení výše uvedených minut na vyšší jednotky. Tabulka 7.7.2 doplňuje přehled o skutečně pozorovaných minutách celého vyhodnocovaného letního období.

Tab. 7.7.1 přepočtení dešťových srážek R

R [mm/h]	minut	hodin	dní	let
$R > 12$ mm/h	9553	159,21	6,634	0,01817
$R \geq 12$ mm/h	21471	357,85	14,9104	0,04085

Tab. 7.7.2 přepočtení měřené jednotky v celém období

	minut	hodin	dní	let
Měřené množství jednotek v pozorovaném období	19814400	330240	13760	37,69863
Celkové množství jednotek v pozorovaném období	20609280	343488	14312	39,21096

Údaje z tabulky 7.7.1 odpovídají průměrně 254,74 minutám v každém vyhodnocovaném letním období, kdy byla intenzita srážek vyšší než 12 mm/h. Intenzitě srážek stejné nebo vyšší než 12 mm/h odpovídá 572,56 minut v každém sledovaném letním období.

8 ZÁVĚR

V této práci byly zpracovávány dlouhodobé údaje ze srážkoměru, které poskytla jihočeská meteorologická stanice v Třeboni. Data jsem dle zadání popsal a seřídil do formy, ve které je lze poměrně kvalitně dále zpracovávat, nebo je jen pouze pročitat a vyhodnocovat. Dále jsem vytvořil v připojeném souboru pro MS Excel pro všechny roky grafy distribučních funkcí, vystihující pravděpodobnost intenzity srážky. Ve výše zmíněném souboru lze najít v samostatných záložkách grafy spolehlivosti stanice, tabulky a návody pro výpočet útlumu deštěm a tvaru dešťového jádra. Vytvořený dokument však obsahuje i množství pomocných záložek, které mohou samy o sobě nabídnout návod k tvorbě obdobných prací.

Dle vyhodnocených dat jsem zjistil, že pravděpodobnost výskytu srážek je nejvyšší ve 3. úseku denního chodu (12.00 až 18.00 hodin UTC). Naopak nejnižší pravděpodobnost výskytu srážek je v 1. úseku denního chodu (0.00 až 6.00 hodin UTC). Z tohoto zjištění plyne, že radioreléový spoj je nejspolehlivější v 1. úseku denního chodu. Podobnou, ale nepatrně nižší, spolehlivost spoje vykazujeme na období 6.00 až 12.00 hodin UTC. Ve čtvrtém úseku (18.00 až 24 hodin UTC) je spolehlivost radioreléového spoje sice vyšší než v úseku třetím, ale pravděpodobnost výskytu srážek se tomuto údaji velice blíží. Bude-li nám tedy nutně záležet na 100% spolehlivosti přenosu dat, a máme-li možnost tento přenos plánovat, bude pro nás výhodnější uskutečnit tento přenos v 1. úseku denního chodu.

Celkový průměr za vyhodnocovaná letní období tvoří 90 mm/h, pro pravděpodobnost výskytu srážek 0,01%, pokud uvažujeme hodnoty, kdy stanice měřila s přesností 90% a vyšší. V případě, že budeme uvažovat nižší spolehlivost stanice, bude se tento údaj neobjektivně měnit. V případě zpracovávaných dat, byly průměrné hodnoty množství srážek podstatně vyšší, než výše uvedená hodnota (přesahovaly 130 mm/h). Naopak u zpřísnění kritéria spolehlivosti na 95%, hodnota klesla na 54 mm/h. Tuto hodnotu bych ovšem nepovažoval za směrodatnou, protože byla vypočítána z malého množství dat, proto lze tento údaj považovat také za neobjektivní.

Pokud vypočítanou průměrnou hodnotu porovnáme s tabulkou zveřejněnou ITU-R (obr. 5.1) pro zónu H, ve které se nachází Česká republika, tudíž i stanice, je tato hodnota téměř trojnásobná. Je to způsobeno především tím, že je tabulka vytvořena z celoročního průměru, a hodnoty uvedené a zpracovávané v celé této práci se vztahují pouze k průměru za letní období. V zimním období je výskyt dešťových srážek velmi malý oproti období letnímu, proto lze hodnotu 90 mm/h považovat za objektivní.

Další faktor, na kterém velice závisí útlum spoje, je kmitočet. Dle výpočtů se se zvyšujícím kmitočtem zvyšuje i útlum, jak na polarizaci horizontální, tak na polarizaci

vertikální. Samozřejmě tu záleží i na délce spoje, proto je dobrým zvykem používat pro spoje na delší vzdálenosti nižší kmitočty do 10,5 GHz, což je velice příznivé pro velikost útlumu deštěm, zde se však zase objevují problémy spojené s mnohocestným šířením vln.

Na kratší vzdálenost lze použít mnohem vyšších kmitočtů, protože spoj nedosahuje takových útlumů.

Použitá literatura

- [1] METEOCENTRUM.CZ Encyklopedie: Meteorologické prvky a přístroje: Srážky [online]. [cit. 2009-8-1] Text v češtině. Dostupný na WWW <<http://www.meteocentrum.cz/encyklopedie/atmosfericke-srazky.php>>
- [2] Pravděpodobnost. Wikipedie: otevřená encyklopedie[online]. Stránka byla naposledy editována 2009-7-22. [cit. 2009-7-24]. Česká verze dostupná z WWW <<http://cs.wikipedia.org/wiki/Pravd%C4%9Bpodobnost>>
- [3] Hydrometeor. Wikipedie: otevřená encyklopedie [online]. Stránka byla naposledy editována 2008-9-5. [cit. 2009-8-1]. Česká verze dostupná z WWW <<http://cs.wikipedia.org/wiki/Hydrometeor>>
- [4] PRAVDA, Ivan: Radiové prostředky a mobilní sítě [online]. 2009 [cit. 2009-7-22]. Text v češtině. Dostupné z WWW <www.comtel.cz/files/download.php?id=2207>
- [5] VINTER, Martin: VINTER.LANTANET> Mikrovlnné spoje [online]. 2000-3-15 [cit. 2009-7-23]. Text v češtině. Dostupné z WWW <<http://vinter.lantanet.cz/>>
- [6] Česká zemědělská univerzita v Praze, Lesnická fakulta, Katedra vodního hospodářství: Hydrologie, Rozšířené sylaby vybraných kapitol pro kombinované (dálkové) studium [online]. 2001 [cit. 2009-7-24]. Text v češtině. Dostupné z WWW <kurik.petr.sweb.cz/HydrologieI/vybranekapitoly.doc>
- [7] CIELONTKOVÁ, Justína: ARIEN.SK: foto: Meteo: Ombrograf. c2009 [cit. 2009-7-3]. Text ve slovenštině. Dostupné z WWW <<http://www.arien.sk/sk/fotky/Meteo/Ombrograf.alej>>
- [8] IN-POČASÍ.EU: ostrava_poruba.blogy.in-pocasi.eu: Meteorologické přístroje: Srážkoměry a ombrografy. c2008 [cit. 2009-7-23]. Text v češtině. Dostupné z WWW <http://ostrava_poruba.blogy.in-pocasi.eu/Srazkomery_a_ombrografy-1239356697.html>
- [9] Úřad pro technickou normalizaci, metrologii a státní zkušebnictví: Technická normalizace: Ostatní: Mezinárodní organizace: ITU [online]. [cit. 2010-7-22]. Text v češtině. Dostupné z WWW <<http://www.unmz.cz/urad/itu>>
- [10] Akademie věd České republiky: O AV ČR: Základní informace: Dokumenty: Výroční zpráva: Výroční zpráva AV ČR za rok 1999: Charakteristika vědecké činnosti a hlavní výsledky badatelského a cíleného výzkumu [online]. [cit. 2010-7-22]. Text v češtině. Dostupné z WWW <http://www.avcr.cz/o_avcr/zakladni_informace/dokumenty/vyrocnizpravy/archiv_vyrocnizprav/1999/2_vedecka_cinnost_a_vysledky_vyzkumu.html>
- [11] Charlesworth, Phil: philsrockets.org: Course Notes: Rain Fade [online]. [cit. 2010-7-22]. Text v angličtině. Dostupné z WWW <<http://www.philsrockets.org.uk/Rain%20Fades.pdf>>