Vyhodnocení větrných podmínek pro malé větrné elektrárny na antarktické stanici J. G. Mendela

1. Úvod 2
2. Charakteristika lokality 2
    2.1 Společné charakteristiky 2
    2.2 Stanice J. G. Mendela 3
    2.3 Meteorologická stanice Johnson mesa 3
3. Informace o měření 3
    3.1 Stanice J. G. Mendela 3
    3.2 Meteorologická stanice Johnson mesa 4
    3.3 Hodnocení kvality a úplnosti dat 4
4. Vyhodnocení měření větru na stanici J.G.Mendela a na Johnson Mesa 4
5. Přepočet měření na dlouhodobý normál 5
    5.1 Použité metody 5
    5.2 Prodloužení podle měření na Johnson Mesa 7
    5.3 Prodloužení podle reanalýz NCEP/NCAR 7
6. Větrné poměry a výroba elektrické energie v místě malých větrných elektráren 8
    6.1 Popis modelu WAsP 8
    6.2 Výpočet modelu WAsP 10
    6.3 Diskuze 10
8. Závěr 11

1. Úvod

Cílem této studie je zjistit předpokládanou výrobu energie malými větrnými elektrárnami na stanici J. G. Mendela na ostrově Jamese Rosse u pobřeží Antarktického poloostrova. K tomuto účelu je k dispozici měření větru na samotné základně, které však celkově pokrývá pouze dobu necelých 3 měsíců. Dalším důležitým podkladem je měření větru na plošině Johnson Mesa přibližně 3 km od polární stanice. K dispozici je mapa okolí stanice v měřítku 1 : 25 000, fotografie stanice a obou měřících bodů. Dalším potenciálně využitelným podkladem jsou reanalýzy meteorologických polí NCEP/NCAR.

Cíl této studie, možnosti vstupních dat i klimatické podmínky v dané oblasti jsou v mnoha ohledech značně odlišné od studií námi běžně zpracovávaných pro potřeby „velké“ větrné energetiky, podstatně odlišný proto musel být i přístup k jejímu zpracování. Měření větru na Johnson Mesa, které je dostupné za poměrně dlouhé období, bohužel nelze přímo použít pro výpočet větrných poměrů na stanici J. G. Mendela. Meteorologická stanice na Johnson Mesa se nachází na náhorní plošině přibližně o 300 m výše než stanice J. G. Mendela a jakýkoli přímý přepočet tamních větrných podmínek do místa polární stanice by byl – i s pomocí matematických modelů, jako je model WAsP - velmi nepřesný, v neposlední řadě i s ohledem na pravděpodobně katabatický charakter typického proudění v lokalitě. Naopak měření na samotné stanici pokrývá jen velmi krátkou dobu.

Jako nejpřijatelnější postup se tedy jeví využití měření na stanici J. G. Mendela. Toto epizodické měření však musí být prodlouženo na víceleté období, aby bylo možno zjistit typické klimatické charakteristiky lokality. Jako podklad pro tuto extrapolaci lze použít měření na Johnson Mesa, se kterým je měření na stanici J. G. Mendela poměrně dobře korelované. Takto prodloužené měření pak může být podkladem pro prodloužení na delší období s využitím reanalýz. Jak však bude ukázáno dále, prodloužení pomocí reanalýz je v tomto případě více než problematické.

Data získaná prodloužením časové řady měření větru na stanici J.G.Mendela lze použít jako vstup do modelu WAsP, který umožňuje přepočet větrných podmínek do jiných výšek nad zemským povrchem či na jinou blízkou lokalitu a taktéž výpočet výroby elektrické energie zvolenou větrnou elektrárnou.

2. Charakteristika lokality

2.1 Společné charakteristiky

Polární stanice J. G. Mendela se nachází na severním výběžku ostrova Jamese Rosse. Ostrov svojí rozlohou přibližně 2500 km^2 patří k větším ostrovům v okolí Antarktidy. Zalednění je zde menší než je v antarktické oblasti běžné, led pokrývá pouze 70 - 80% ostrova a samotná polární stanice se nachází v jeho odledněné severní části. Ostrov leží jihovýchodně od nejsevernějšího výběžku Antarktického poloostrova, od kterého jej dělí necelých 20 km široký průliv.

Polární stanice je situována na pobřeží průlivu mezi ostrovem Jamese Rosse a Antarktickým poloostrovem. Antarktický poloostrov má v těchto místech šířku pouze několika málo desítek kilometrů a dosahuje nadmořských výšek kolem 1000 m, přesto však pravděpodobně působí jako výrazná překážka proudění vzduchu pro proudění ze západních a severních směrů. To má za následek útlum proudění vyplývajícího z velkoprostorové cirkulace atmosféry (z geostrofického větru), a to jednak v sektorech od jihozápadu až po severo-severovýchod, tedy v závětří překážky, ale také ze směrů protilehlých.

Samotný ostrov Jamese Rosse je svým rozměrem a nadmořskou výškou téměř srovnatelný s rozměry přilehlé části Antarktického poloostrova. Hlavní část ostrova tvoří centrální ledovcový štít o rozměru přes 1000 km^2, který se nachází přibližně 30 km jižně od stanice J. G. Mendela. Blíže stanici je ostrov tvořen složitější soustavou poloostrovů, horských hřebenů a menších ledovcových dómů. Takto členitý terén se nachází jižním až jihozápadním směrem od stanice, více na východě (na jih až jihovýchod od stanice) se do ostrova zařezává velký Croftův záliv. Je zřejmé, že hřebeny a náhorní plošiny ostrova budou, analogicky jako samotný Antarktický poloostrov, působit jako

překážky pro proudění vzduchu dané velkoprostorovou cirkulací - v tomto případě pro proudění především ze severních a jižních směrů.

Vedle velkoprostorové cirkulace (geostrofického větru) však může být proudění vzduchu vyvoláno též podmínkami v lokálním a regionálním měřítku. Naměřená data ukazují četný výskyt silného jižního proudění, které není vázáno na geostrofický vítr, což naznačuje, že se může jednat o katabatické proudění. Vzhledem k tomu, že nemám žádné zkušenosti s větrnými podmínkami v polárních oblastech, nejsem schopen posoudit, zda skutečně se o katabatické proudění jedná a zda jeho příčinou může být spíše zalednění ostrova Jamese Rosse nebo zalednění mnohem vzdálenější a masivnější plochy antarktické pevniny.

Terén v okolí stanice je tvořen jednak vodními plochami moře a jednak ostrovem samotným. Povrch ostrova je v okolí stanice charakteristický převážně kamenitou pustinou z malých kamenů a sporadickou vegetací tundrového charakteru a po velkou část roku je pokryt sněhem (v době letního provozu stanice je však sněhová pokrývka jen občasná). V každém případě se jedná o povrch s velmi nízkou drsností. Paradoxně vyšší drsností se může projevovat povrch okolního moře, ze kterého vystupují ledové kry. Lze-li však usuzovat z dostupných fotografií, není pokrytí okolního moře ledovými krami v letním období příliš vysoké a není tak nutné uvažovat zásadně vyšší drsnost povrchu moře. Parametr drsnosti okolního terénu tak odhaduji na poměrně nízké hodnotě kolem 0,03 m.

2.2 Stanice J. G. Mendela

Polární stanice J. G. Mendela je umístěna v blízkosti severního pobřeží ostrova, cca 100 m od moře, na plošině v nadmořské výšce přibližně 10 metrů. Je tvořena hlavní budovou o výšce kolem 6 m a šesti kontejnery. Kontejnery, na kterých jsou umístěny elektrárny, mají rozměr přibližně 2,5 × 2,5 × 6 metrů. Malé větrné elektrárny jsou umístěny na malých stožárech na střechách kontejnerů ve výšce cca 6 m nad zemí.

V rámci okolního terénu leží stanice v široké kotlině, která je obklopena hřebeny a plošinami o výšce kolem 350 m. Nejnižším bodem je sedlo Crame Col 3 km na jih od stanice, které je vysoké 179 m. Pravděpodobně právě toto sedlo tvoří osu pro proudění vzduchu od jihu.

Měřící stožár byl dle zaslané fotografie umístěn přibližně 100 m jihozápadním směrem od stanice. Nacházel se na shodné plošině jako ostatní objekty polární stanice v nadmořské výšce kolem 20 m. Z hlediska větrných podmínek lze v rámci přesnosti, která je silně limitována jinými aspekty této studie, považovat polohu měřícího stožáru a polohu samotné stanice za přibližně totožné.

2.3 Meteorologická stanice Johnson mesa

Meteorologická stanice je umístěna na náhorní plošině Johnson Mesa přibližně 3 km jihozápadně od polární stanice v nadmořské výšce 323 m. Místo je zcela otevřené ve všech směrech s výjimkou severozápadu, kde se nachází lokální hřeben kolem vrcholu Bibbi Hill (380 m n.m.). Terén v okolí stanice nedává důvod k tak výrazné převaze jižního směru větru, jaký vyplývá z naměřených dat.

3. Informace o měření

3.1 Stanice J. G. Mendela

Měření větru bylo prováděno miskovým anemometrem a větrnou směrovkou na stožáru ve výšce 10 m. Jedná se o dělené čidlo. Senzor rychlosti větru byl umístěn na východní straně stožáru, naměřené rychlosti větru ze západního směru proto mohou být ovlivněny zákrytem za větrnou směrovkou a tyčí na vrcholu stožáru.

Data jsou dostupná ze dvou letních sezón a pokrývají období od 11.1.2010 do 20.2.2010 a od 17.1.2011 do 17.2.2011. Data zahrnují průměrné hodnoty směru a rychlosti větru ve 30-minutovém intervalu.

3.2 Meteorologická stanice Johnson mesa

Měření větru bylo prováděno také miskovým anemometrem a větrnou směrovkou, a to na stožáru ve výšce 6 m. Uspořádání přístrojů na vrcholku stožáru není z fotografie příliš patrné.

Data pokrývají období od 11.2.2008 do 20.2.2010. Data zahrnují průměrné hodnoty směru a rychlosti větru ve 30-minutovém intervalu.

3.3 Hodnocení kvality a úplnosti dat

Před samotným zpracováním měření byla nejprve provedena kontrola dat. V době, kdy bylo v provozu měření na stanici J. G. Mendela, bylo možno porovnávat měření navzájem, ve zbylém období nebylo možno data ze stanice Johnson Mesa s jinou řadou srovnat.

Měření rychlosti větru na Johnson Mesa se vyznačuje občasnými výpadky, v podobě epizod (řádově několik dní) s konstantní hodnotou rychlosti větru na úrovni offsetu přístroje. Jedná se zřejmě o zámrzy přístroje při námraze, což je v takto exponované lokalitě pochopitelné. Překvapivá je nicméně skutečnost, že až na výjimky nebylo námrazou postihováno měření směru větru na této stanici (obvykle bývá zámrz směrovky stejně četný nebo četnější než zámrz anemometru).

S výjimkou (pravděpodobného) vlivu námrazy data nevykazují žádné zjevné chyby.

Data, která byla zřejmě postihnuta námrazou, byla z datového souboru odstraněna a nevstupují do dalšího zpracování. Námrazové epizody v celkové délce přibližně 9 dní se bohužel vyskytly i v době měření na stanici J. G. Mendela, což dále snižuje již tak malý rozsah souběžných dat.

Informaci o délce měření, které je z obou stanic k dispozici, podává příloha 1.

4. Vyhodnocení měření větru na stanici J.G.Mendela a na Johnson Mesa

Naměřené větrné poměry na obou stanicích přehledně ukazují přílohy 2 – 7.

Příloha 2 ukazuje větrné poměry na stanici J.G. Mendela během obou zimních epizod v letech 2010 a 2011. Větrné poměry na stanici Johnson Mesa ukazují přílohy 3 a 4, přičemž příloha 4 ukazuje data z měsíců (nikoli přesně stejné termíny), kdy bylo k dispozici měření na stanici J.G. Mendela.

Celkově lze konstatovat, že průměrné rychlosti větru na obou stanicích jsou poměrně vysoké a přesahují 5 m/s ve výšce. Co je ovšem na obou místech mimořádné, to je značná rozkolísanost rychlostí větru. Ta je reprezentována parametrem *k* Weibullova rozdělení na úrovni kolem 1,3, což je na takto větrné lokality značně nízká hodnota. Celkově nižší hodnota tohoto parametru a vyšší extremita rychlostí větru je na stanici J.G.Mendela než na Johnson Mesa, průměrné rychlosti větru se však liší až překvapivě málo.

V období leden-únor let 2010 a 2011 (srovnání příloh 2 a 4) byla na Mendelově stanici naměřena průměrná rychlost 5,0 m/s, na Johnson Mesa 5,3 m/s. Johnosn Mesa tedy vykazuje jen nepatrně vyšší průměrnou rychlost větru, přestože je v podstatně exponovanější pozici než samotná stanice J.G.Mendela. Podrobnější a výstižnější srovnání (se zahrnutím pouze těch termínů, kdy jsou k dispozici měření z obou míst současně) v příloze 7 ukazuje dokonce ještě nižší rozdíl mezi rychlostmi větru na obou místech.

Větrné růžice podrobně prezentované v přílohách 2b, 3b a 4b ukazují značně nevyrovnané zastoupení různých směrů. Největší význam má na obou místech proudění z jižních směrů. Toto proudění má nejen největší zastoupení, ale zejména zdaleka nejvyšší průměrnou rychlost. Dominance tohoto proudění z hlediska průměrné rychlosti je masivní zejména na níže položené stanici J.G.Mendela, což podporuje tezi o katabatickém charakteru tohoto proudění. Z ostatních směrů větru se na obou místech často vyskytuje proudění přibližně ze západu a v menší míře též ze severovýchodu. Jak naznačují data z Johnson Mesa, západní proudění se ve větší míře vyskytovalo spíše mimo dobu měření na stanici J.G.Mendela.

Porovnání větrných růžic na Johnson Mesa a na stanici J.G.Mendela naznačuje, že větrné růžice jako celek jsou vůči sobě navzájem přibližně o 20° pooto čené. Toto pootočení může být způsobeno přirozenými příčinami nebo nepřesným směrováním anemometru na jedné z těchto stanic. S ohledem na zkušenosti s jinými měřeními větru se přikláním spíše ke druhé variantě, což však nepovažuji za skutečnost, která by mohla mít nějaký významnější dopad na přesnost dosažených výsledků.

Příloha 5 ukazuje denní chod rychlosti větru na obou stanicích. Ukazuje se, že tento chod je zcela minimální, což s ohledem na vysokou zeměpisnou šířku lokality není překvapující.

Příloha 6 ukazuje průběh průměrných měsíčních rychlostí větru v době měření. Jsou zde ukázány jednak naměřené rychlosti větru na obou stanicích, měření na stanici J.G. Mendela je však v době, kdy neprobíhalo měření, doplněno pomocí metody 3 (viz níže) a uvedeny jsou taktéž průměrné rychlosti větru dle reanalýz. Na tomto místě stojí za zmínku snad jedině fakt, že se u měření na Johnson Mesa obejvuje náznak ročního chodu průměrných rychlostí větru s mírně vyššími rychlostmi během chladné části roku. Měsíce leden a únor se jeví jako nejspíše nejméně větrné během celého roku. Rozdíly jsou však poměrně malé a v absolutní hodnotě jsou stále lednové a únorové průměrné rychlosti větru poměrně vysoké.

Přílohy 7a a 7b ukazují porovnání naměřených rychlostí větru na stanici J.G. Mendela a na Johnson Mesa v závislosti na směru větru na jedné a na druhé stanici. Celkově názornější jsou výsledky při použití směrů větru na Johnson Mesa.

Ukazuje se, že rychlosti větru na obou místech spolu silně souvisí, poměr mezi rychlostmi větru však není ve všech směrech zdaleka jednotný. Překvapivě shodné jsou rychlosti větru při proudění z nejsilnějšího jižního sektoru, přestože se stanice J.G.Mendela v těchto směrech nachází v závětří hřebene, na kterém leží Johnson Mesa. Jak již bylo zmíněno, tato skutečnost podporuje tezi o katabatickém charakteru jižního proudění. Konkrétně jsou rychlosti větru na obou místech v průměru prakticky shodné ve směrech 200° - 260° na Johnson Mesa (jihozápad), p ři proudění ze směrů 120° - 190° (jihovýchod) jsou rychlosti a stanici J.G.Mendela dokonce vyšší. V ostatních sektorech jsou vyšší spíše rychlosti na Johnosn Mesa, tento rozdíl je velmi výrazný zejména při proudění na Johnosn Mesa ze západu až severozápadu (sektory 280° - 320°).

5. Přepočet měření na dlouhodobý normál

5.1 Použité metody

Prodloužení naměřené řady na delší období bylo prováděno metodou vycházející z principu referenční a prodlužované stanice. V období, kdy probíhá souběžně měření na referenční a prodlužované stanici, je definován vztah mezi těmito stanicemi, který je následně aplikován na prodlužovanou stanici v době, kdy nejsou měření na této stanici k dispozici.

Vztah mezi referenční a prodlužovanou stanicí může záviset na různých faktorech. Typickým takovým faktorem je směr větru, kdy platí různý poměr mezi rychlostmi větru při různých směrech proudění. Při rozdílném zastoupení směrů větru v době souběžného měření a v dlouhodobém období by aplikace jednoduchého vztahu mezi referenční a prodlužovanou řadou vedla k chybě, proto je při prodlužování měření tento faktor zohledňován. Zjednodušeně lze říci, že prodloužení je provedeno samostatně pro každý směr větru (v závislosti a metodě však mohou být skupiny směrů nějakým způsobem shlukovány).

Obecně lze konstatovat, že kvalita prodloužení závisí na těsnosti vztahu mezi prodlužovanou a referenční řadou měření a na délce souběžného měření. Zcela zásadní podmínkou je pak homogenita referenční řady. Právě tato podmínka však velmi často nebývá splněna.

Jako náhrada pozemních měření jsou proto používány tzv. reanalýzy. Jedná se zpětně modelovaná pole meteorologických prvků vycházející z komplexního souboru mnoha typů meteorologických pozorování. Vedle modelované rychlosti větru lze z reanalyzovaného tlakového pole odvodit také idealizovaný tzv. geostrofický vítr. Vítr odvozený z reanalýz, lze obecně považovat za více homogenní než měření na jednotlivých stanicích. Určitou nevýhodou je však poněkud nižší korelace této charakteristiky s pozemními rychlostmi větru.

V našem případě je prodloužení měření větru nejdůležitější a nejobtížnější částí studie. Prodloužení měření větru bylo prováděno ve dvou fázích. Nejprve bylo prodlouženo měření větru na stanici J.G.Mendela podle Johnson Mesa. Takto bylo možno získat simulované hodnoty z dvouletého období od února 2008 do února 2010. Dalším cílem pak bylo tuto prodlouženou řadu dále extrapolovat na základě reanalýz NCEP/NCAR.

Jak však bude ukázáno dále, oba kroky jsou v tomto případě spojeny s nemalými problémy. V případě dvojice stanice J.G.Mendela – Johnson Mesa je limitem malé množství souběžných dat, která pokrývají pouze období cca 2,5 měsíce rozložených do dvou letních sezón. Při následné aplikaci reanalýz je komplikací nestandardní charakter korelace mezi datovými řadami a věrohodnost výsledku snižuje nestacionarita řady reanalyzovaného větru.

S ohledem na možný roční chodu větrných podmínek (příloha 6) byly v obou fázích prodlužování uvažovány pouze měsíce, kdy je stanice J.G.Mendela v provozu, tedy leden a únor.

Nalezení optimální metody prodloužení časových řad měření větru na základě referenční řady (jedná se o tzv. metody measure-correlate-predict či MCP) je netriviálním a dosud ne zcela vyřešeným problémem. V prvé řadě je velmi obtížné nalézt řešení, které by vyhovovalo řadě požadavků, které mohou být na výsledek kladeny, a to:

- co nejpřesnější určení průměrné rychlosti větru
- věrohodná simulace četnostního rozdělní rychlostí větru
- věrohodná simulace větrné růžice z hlediska četnosti, průměrné rychlosti, případně i rozdělení rychlostí větru v jednotlivých směrech
- simulace časové řady větru.

Optimální metoda pro vyřešení jednotlivých těchto úkolů může být v jednotlivých případech rozdílná.

Při aplikaci pak metody MCP narážejí na problém omezené kvality korelace mezi časovými řadami a omezeného množství dat. Na přesnost výsledku proto může mít velký dopad volba "podrobnosti" použité metody, aby nedošlo k zanedbání zákonitostí, které lze ze souběhu časových řad odvodit, ale ani k "přetrénování" simulace a k dosažení nereálných výsledků vycházejících z náhodných fluktuací při souběhu řad.

V našem případě je simulace dlouhodobých větrných poměrů klíčovou úlohou studie, proto byly vyzkoušeny hned 3 mírně rozdílné metody. Všechny tři patří do skupiny "maticových metod", které třídí data do tříd podle rychlosti a směru větru na referenční stanici, liší se však svým provedením. Pro účel této studie budou tyto metody nazývány jednoduše Metoda 1, Metoda 2 a Metoda 3. Ve stručnosti lze popsat vlastnosti použitých metod následovně:

Metoda 1 pracuje na principu korekcí větrné růžice prodlužované časové řady. Metoda současně pracuje se směrem i rychlostí větru a dává tak nejvěrohodnější výslednou větrnou růžici. Nevýhodou je relativně omezená možnost třídění dat, což může být komplikací zejména v případě malého počtu dat či nízké korelace.

Metoda 2 simuluje řady rychlosti a směru větru. Jsou simulovány hodnoty pro jednotlivé termíny prodlužovaného období, výsledkem je tak kompletní časová řada. Jednotlivé hodnoty jsou simulovány náhodně tak, aby výsledná časová řada vykazovala přibližně realistické četnostní rozdělení rychlostí. Výhodou metody je možnost individuálního stanovení tříd v závislosti na míře korelace a množství trénovacích dat. Metoda umožňuje dosáhnout nejvěrohodnějšího výsledku z hlediska průměrné rychlosti větru. Nevýhodou je, že rychlost a směr větru jsou simulovány nezávisle na sobě, což vede k nerealistické větrné růžici. Metodu nelze aplikovat opakovaně na jednu časovou řadu.

Metoda 3 je nejjednodušší. Naměřená data jsou v příslušných třídách jednoduše vynásobena průměrným poměrem rychlostí větru či rozdílem směrů větru. Výhodou metody je simulace souvislé časové řady (nikoli náhodných hodnot, jako u metody 2), kterou lze použít jako základ pro další prodloužení. V případě výrazněji odlišného charakteru větrného klimatu na referenční a prodlužované stanici však tato metoda dává nesprávné rozdělení rychlostí větru a méně realistická může být i výsledná průměrná rychlost větru.

5.2 Prodloužení podle měření na Johnson Mesa

Prodloužení měření větru na stanici J.G.Mendela podle měření na Johnson Mesa bylo provedeno všemi třemi metodami. Výsledky tohoto prodloužení jsou uvedeny v přílohách 8 – 10 a shrnuje je následující tabulka:

metoda	průměrná rychlost [m/s]		Weibullovo rozdělení		hustota výkonu [W/m^2]
	měření	Weibull	A [m/s]	k	
pův. měření	5,00	5,01	5,3	1,27	267
1	5,50	5,43	5,8	1,24	361
2	5,49	5,48	5,9	1,32	334
3	5,69	5,60	6,0	1,28	370

Průměrná rychlost větru "Weibull" je průměrná rychlost větru, která vyplývá z Weibullova rozdělení. Při aproximaci skutečného četnostního rozdělení rychlostí větru na Weibullovo rozdělení modelem WAsP je totiž kladen důraz na dodržení rozdělení vyšších rychlostí větru a celkové hustoty výkonu, což se však někdy děje na úkor průměrné rychlosti větru vyplývající z Weibullova rozdělení.

Je zřejmé, že prodloužením došlo k výraznému zvýšení průměrné rychlosti větru i hustoty výkonu větru, což je dáno tím, že podle měření na Johnson Mesa byly měsíce únor 2008 a leden a únor 2009 mnohem větrnější než měsíce, kdy probíhalo měření na stanici J.G.Mendela. Tuto skutečnost, stejně jako celou simulovanou řadu průměrných měsíčních rychlostí větru na stanici J.G.Mendela (metoda 3), lze sledovat v příloze 6. Měsíce s měřením na stanici J.G.Mendela byly na Johnosn Mesa vůbec nejméně větrné za celou dobu měření.

Mezi výsledky dosaženými jednotlivými metodami jsou mírné rozdíly. Metody 1 a 2 dávají prakticky shodnou průměrnou rychlost větru, výrazně se však liší tvarem četnostního rozdělení, kdy metoda 1 dává mnohem nižší parametr *k* a tedy více rozkolísané rozdělení rychlostí větru. Metoda 3 dává vyšší průměrnou rychlost větru, ale překvapivě kompromisní hodnotu parametru *k* a z hlediska hustoty výkonu větru se blíží výsledku metody 1. Jak vyplývá ze stručné charakteristiky použitých metod, z hlediska průměrné rychlosti větru lze za nejvěrohodnější považovat metodu 2, z hlediska četnostního rozdělení pak metody 1 a 2. Metoda 3, jejíž výstup je použit pro další prodloužení, tedy nejspíše mírně nadhodnocuje průměrnou rychlost větru, rozdělení rychlostí větru je zřejmě přibližně správné.

5.3 Prodloužení podle reanalýz NCEP/NCAR

Pro prodloužení měření na více letních sezón byla využita data z reanalýz NCEP/NCAR, a to konkrétně modelový vítr na hladině 1000 hPa v letech 1994-2010 interpolovaný do souřadnic stanice J.G.Mendela. Tato data jsou ukázána v rámci příloh 11 a 12. V prvním případě jsou zahrnuta data z období, kdy bylo k dispozici měření větru na Johnson Mesa (a tedy i prodloužené měření větru na stranici J.G.Mendela), v druhém případě za celé období 1994-2010, vždy však pouze pro měsíce leden a únor. Na první pohled lze pozorovat zřetelný rozdíl, který bude ještě diskutován dále. V základních rysech je nicméně v obou obdobích patrný největší význam západního až jihozápadního a východního až severovýchodního směru větru.

Porovnání dat z reanalýz s výsledky měření na Johnoson Mesa a s prodloženu řadou měření na stanici J.G.Mendela je ukázáno v příloze 13. Je zřejmé, že rychlosti větru na obou měřících bodech jsou při proudění od jihu podstatně vyšší než rychlosti větru v reanalýzách, při ostatních situacích jsou vyšší spíše reanalyzované rychlosti větru. Zejména z příloha 13b ukazuje, že právě při málo častých a podprůměrně větrných případech, kdy renalyzovaný vítr dává proudění z jihovýchodu nebo jihu, jsou měřené rychlosti větru dramaticky nejvyšší. Pro ilustraci byla přidána i příloha 13c, která ukazuje, že rychlost větru na Johnson Mesa (a tedy i na stanici J.G.Mendela) závisí výrazněji na směru než na rychlosti větru dle reanalýz.

I přes takto neobvyklý vztah mezi referenční a prodlužovanou časovou řadou lze teoreticky metodami MCP dosáhnout smysluplného výsledku, neboť existence vztahu mezi směrem větru na referenční časové řadě a rychlostí větru na prodlužované časové řadě je automaticky předpokládána. Prodloužení proto bylo provedeno, a to konkrétně metodou 2, která umožňuje

nejlépe definovat jednotlivé třídy (tedy i třídění dle směru větru) a jejím výstupem je kompletní časová řada. Výsledek tohoto prodloužení je ukázán v příloze 14.

Na první pohled je zřejmé, že zde dochází k masivnímu navýšení rychlosti větru oproti období 2008 – 2011 (z původních 5,69 m/s na 7,24 m/s). Pro takový výsledek existují dvě možná vysvětlení: buď v lokalitě stanici J.G.Johnsona došlo v průběhu let 1994 – 2010 k opravdu výrazné změně větrných podmínek nebo se jedná o chybu.

Podrobnější pohled na data z reanalýz ukazuje, že v těchto datech skutečně v daném období došlo ke trendu, který může dosažený výsledek vysvětlovat. Malou část uvedeného rozdílu lze vysvětlit celkovým zvýšením rychlosti větru dle reanalýz – například porovnání příloh 11 a 12 ukazuje, že v delším období 1994 – 2010 byla rychlost větru o 0,35 m/s vyšší než v době, kdy probíhalo měření na Johnson Mesa (vztaženo k měsícům leden a únor).

Mnohem zásadnější je však posun z hlediska rozložení směrů větru. Jestliže v letech 2008 – 2010 bylo zastoupení jižních a jihovýchodních směrů větru v reanalýzách jen minimální, v dřívějších letech byly tyto směry zastoupeny ve srovnatelné míře, jako ostatní směry větru. Také rychlosti větru z těchto směrů byly v minulosti vyšší než v době měření na Johnosn Mesa. V časovém vývoji lze tento jev sledovat v příloze 15, kde je ukázán vývoj četností proudění ze sektorů 100° – 200°. V t ěchto sektorech byl v době měření na pozemních stanicích naměřený vítr nejvýrazněji zesílen vůči reanalyzovanému větru. V příloze 15 je zastoupení těchto směrů ukázáno jednak pro použitá data, tedy pro modelový vítr na hladině 1000 hPa v měsících leden a únor, ale také pro data za celý rok a také pro geostrofický vítr na hladině 925 hPa dle shodných reanalýz. Je tedy zřejmé, že zde došlo k velkému a systematickému poklesu zastoupení situací s jižním směrem větru.

O tom, jaká je příčina této změny, se lze jen dohadovat. Autor této studie se domnívá, že se nejedná o změnu reálných meteorologických podmínek, ale spíše o nehomogenitu použitých reanalýz. Zřejmě došlo ke změně způsobu výpočtu reanalýz či spíše ke změně skladby vstupních dat, které v této zeměpisné oblasti do výpočtu vstupují.

Z tohoto důvodu se výsledek získaný prodloužením naměřených časových řad pomocí raenalýz jeví jako nedůvěryhodný a nebude dále brán v potaz.

6. Větrné poměry a výroba elektrické energie v místě malých větrných elektráren

Pro přepočet větrných poměrů do výšky malých větrných elektráren a pro potenciální vyhodnocení jejich výroby elektrické energie byl použit model WAsP.

6.1 Popis modelu WAsP

Model WAsP představuje model proudění v přízemní vrstvě atmosféry složený z dílčích modelů postihujících různé účinky zemského povrchu na větrné poměry. Postup určení větrného potenciálu daného místa můžeme rozdělit na tři kroky:

1. Výpočet regionálních klimatologických charakteristik (Wind Atlas analysis model)

2. Aplikace regionálních klimatologických charakteristik (Wind Atlas application model)

3. Výpočet roční produkce energie v daném místě

V prvním kroku jsou naměřená data zpracována do histogramů, u nichž jsou jednotlivými modely pro drsnost, orografii a překážky přepočteny mezní hodnoty. Opravené histogramy jsou dále vertikálně posunuty do standardních hladin 10, 20, 50, 100 a 200 m. Teprve potom jsou z nich určovány parametry Weibullova rozdělení.

Vstupy:	*Popis okolí místa pozorování*		*Naměřené časové řady*
			↓
	↓		Histogramy
	Modely pro překážky,		↓
	drsnost povrchu a orografii	→	Opravené histogramy
	↓		↓
	Průměrná drsnost v sektorech směru	→	Vertikální transformace histogramu
			↓
			Určení parametrů W. rozdělení Oprava o faktor stability zvrstvení
			↓
Výstup:	Větrný atlas: parametry W. rozdělení za standardních podmínek		

Výsledek prvního kroku představují regionálně platné charakteristiky pro standardní podmínky. V druhém kroku jsou opět použity k určení lokálního větrného klimatu. Druhý krok tak probíhá v opačném směru. Rozdílem oproti prvnímu kroku je fakt, že se nepoužívají histogramy, ale pracuje se přímo s parametry Weibullova rozdělení. Opět je třeba aplikovat modely pro orografii a drsnost povrchu, pouze v opačném smyslu.

Vstupy:				*Větrný atlas: parametry W. rozdělení za*
Popis okolí daného místa				*standardních podmínek*
↓				↓
Modely pro překážky,		Průměrná drsnost		Interpolace do požadované
drsnost povrchu a orografii	→	v sektorech směru	→	výšky nad povrchem
↓				↓
				Oprava o faktor stability zvrstvení
↓				↓
Parametry W. rozdělení				Parametry W. rozdělení
pro dané místo	←		←	v jednotlivých sektorech
↓				

Výstup: *Odvozené charakteristiky – střední hodnoty, hustota výkonu, atd.*

Vliv drsnosti povrchu a jejích změn na proudění je modelován pomocí konstrukce logaritmického vertikálního profilu větru za předpokladu neutrálního teplotního zvrstvení s malou opravou o odchylky způsobené stabilitou nebo nestabilitou atmosféry od tohoto základního stavu. Pro výpočet profilu je nezbytným vstupem parametr drsnosti povrchu, který program načítá jako digitální mapu nebo směrovou růžici. Změny parametru drsnosti povrchu vytvářejí v nejnižší části atmosféry interní mezní vrstvu, kde vertikální profil rychlosti větru ležící pod ní odpovídá místní drsnosti povrchu a profil ležící nad ní drsnosti povrchu před změnou. Model pak původní profil upraví ve snaze postihnout vliv interní mezní vrstvy. Vychází přitom ze závislosti výšky této vrstvy nad povrchem na vzdálenosti od místa změny drsnosti směrem po větru.

K simulaci odchylek v proudění způsobených orografií byl do programu WAsP integrován numerický model proudění využívající spektrálních metod. Jeden z největších rozdílů proti ostatním modelům spočívá v použití soustavy polárních souřadnic k popisu vstupních dat. To je umožněno zavedením válcových souřadnic r, ϕ a z, kde první je poloměr, druhá azimut a poslední výška nad zemským povrchem. Odchylky způsobené orografií jsou pak řešeny po jednotlivých sektorech směru větru. Střed soustavy je umístěn do počítaného bodu, takže popis terénu je v jeho okolí nejpřesnější a směrem od něj se stává hrubším. Postupujeme-li od něj kterýmkoli směrem, velikost buňky reprezentující jednu hodnotu se zvětšuje s každým krokem o 6%. Výpočet pole větru je založen na potenciálu proudění, přičemž je jedním z předpokladů indiferentní zvrstvení.

Vedle výpočtu parametrů větru a výroby elektrické energie větrnou elektrárnou umožňuje program též výpočet ztrát v důsledku vzájemného stínění větrných elektráren.

6.2 Výpočet modelu WAsP

V našem případě byl model WAsP použit ve velmi zjednodušené podobě. Vzhledem k malé vzdálenosti mezi místem měření a umístěním malých větrných elektráren a vzhledem k velké míře nejistoty určení dlouhodobých větrných poměrů v daném místě, lze rozdíl mezi větrnými podmínkami v místě měření a v místě větrných elektráren považovat za zanedbatelný. Výpočet modelu WAsP tak byl použit pouze pro přepočet větrných podmínek z výšky měření (10 m) do výšky malých větrných elektráren.

Vstupními daty pro výpočet modelu bylo větrné klima získané prodloužením měření větru na stanici J.G.Mendela dle měření na stanici Johnosn Mesa pomocí metody 2. Byly tedy zahrnuty měsíce leden až únor v období 2008 – 2011. Jedná se o data prezentované v příloze 9.

Parametr drsnosti okolí krajiny byl uvažován na úrovni z_0 = 0,03 m.

Výpočtem bylo dosaženo následujících hodnot:

	průměrná rychlost [m/s]	Weibullovo rozdělení		hustota výkonu [W/m^2]
		A [m/s]	k	
model	4,94	5,3	1,24	277

Dle obvyklých zákonitostí je vypočtená rychlost větru nižší než rychlost větru ve výšce 10 m nad povrchem.

6.3 Diskuze

Výpočet větrných podmínek pro malé větrné elektrárny v době letního provozu meteorologické stanice J.G.Mendela je předmětem značně velkých nejistot.

Největší položkou nejistoty je přirozené kolísání rychlosti větru v lokalitě. Vzhledem k tomu, že je polární stanice v provozu pouze po dobu několika málo měsíců (byl uvažován rozsah 2 měsíců), mohou se za tuto dobu v jednotlivých letech větrné poměry a tedy i množství vyrobené energie značně lišit. Výroba elektrické energie v konkrétní sezóně tak může být značně odlišná od očekávaných hodnot.

I vypočtené "dlouhodobě" průměrné větrné podmínky, které jsou výsledkem této studie, však nemusí být zcela reprezentativní, neboť se vztahují k dosti krátkému období. Toto období zahrnuje ne zcela kompletně měsíce leden a únor v letech 2008 – 2011 a celkově se jedná o dobu 5,5 měsíce. Podmínky v takto krátkém období mohou být výrazně odlišné od skutečných dlouhodobě průměrných podmínek v měsících lednu a únoru v daném místě.

Významná nejistota se vztahuje také k vlastnostem proudění v místě instalace malých větrných elektráren. Větrné elektrárny jsou umístěny nad střechou kontejnerů. Tyto kontejnery samy o sobě však způsobují narušení proudění, které povede k určité změně větrných podmínek i ve výšce malých větrných elektráren. Jak přesně se tento efekt bude a větrných elektrárnách projevovat, nelze určit bez podrobné aerodynamické simulace. Subjektivně lze nicméně odhadovat, že zejména při proudění napříč kontejnerem bude docházet k zesílení proudění. Oproti tomuto pozitivnímu vlivu vlastního kontejneru se však na druhé straně bude projevovat negativní dopad vzájemného zákrytu větrných elektráren a negativní vliv narušení proudění okolními kontejnery, což povede ke snížení rychlosti větru a zvýšení turbulence.

Zdrojem nejistoty je dále samotné prodloužení měření na stanici J.G.Mendela podle měření na Johnson Mesa. To je dáno poměrně krátkým obdobím, kdy tato měření probíhala souběžně. Mezi jednotlivými metodami se objevují rozdíly na úrovni až dvou desetin m/s, přičemž metoda, jejíž výsledek byl použit, dává vůbec nejnižší hodnoty. Rozdíl mezi metodami přtom nemusí postihovat celý rozsah nejistoty. Teoretickým rizikem pro přesnost prodloužení měření může být také homogenita měření na Johnosn Mesa.

Ne zcela přesný může být také přepočet z místa měření do místa větrné elektrárny. Jedná se nejen o skutečnost, že se tato místa nenacházejí ve stejném bodě, ale také a především o možnou

nepřesnost vertikálního profilu větru vypočteného modelem. Ta může mít původ jednak ve skutečnosti, že model je kalibrován přibližně na podmínky střední a severní Evropy, jednak v nepřesnosti určení parametru drsnosti. Zejména pokud by byl terén po větší část doby pokryt sněhem, pak lze očekávat reálně nižší parametr drsnosti a v důsledku toho i vyšší rychlost větru ve výšce 6 m nad povrchem.

Celkově lze jako reprezentativní výsledek uvažovat průměrnou rychlost větru v místě malých větrných elektráren přibližně 5 m/s, tento výsledek je však - zejména, pokud se jedná o konkrétní sezónu – považovat za dosti orientační.

8. Závěr

Na základě analýzy dostupných údajů lze očekávat, že průměrná rychlost větru v místě malých větrných elektráren na polární stanici J.G.Mendela se bude pohybovat kolem 5 m/s. Je nutno počítat se značnou rozkolísaností rychlostí větru a s občasným výskytem vysokých rychlostí větru. V lokalitě výrazně převládá proudění přibližně z jižního směru.

Výpočet průměrné výroby větrnými elektrárnami lze snadno provést po dodání jejich výkonové křivky.

V Praze dne 20. června 2011

Mgr. David Hanslian

Příloha 1: **Úplnost dat z měření na stanicích Mendel a Johnson**
po odstranění dat zřejmě postižených námrazou

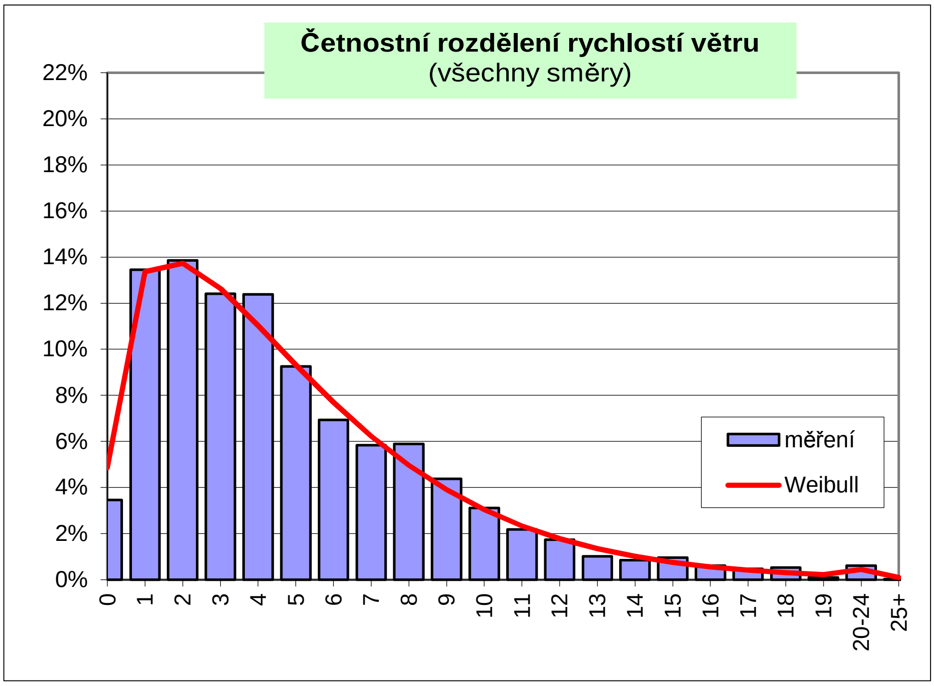
měsíc	Johnson		Mendel	
	směr	rychlost	směr	rychlost
2008.02	100%	100%		
2008.03	90%	100%		
2008.04	71%	100%		
2008.05	82%	100%		
2008.06	92%	100%		
2008.07	86%	100%		
2008.08	100%	100%		
2008.09	100%	100%		
2008.10	93%	100%		
2008.11	100%	100%		
2008.12	100%	100%		
2009.01	100%	100%		
2009.02	98%	100%		
2009.03	59%	100%		
2009.04	93%	100%		
2009.05	68%	73%		
2009.06	67%	100%		
2009.07	100%	100%		
2009.08	93%	100%		
2009.09	97%	100%		
2009.10	96%	100%		
2009.11	100%	100%		
2009.12	100%	100%		
2010.01	98%	100%	68%	68%
2010.02	44%	70%	70%	70%
2011.01	46%	46%	46%	46%
2011.02	58%	61%	61%	61%

údaje jsou uváděny v procentech celkové délky měsíce

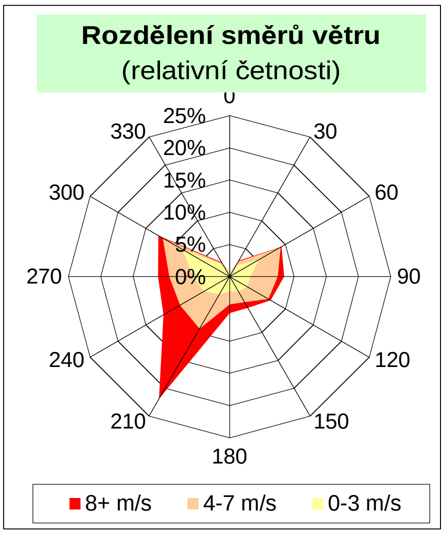
Příloha 2a: **Naměřená data na stanici J.G.Mendela**

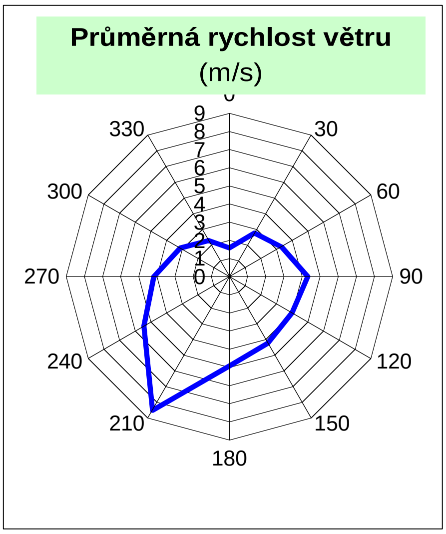
01-02.2010, 01-02.2011

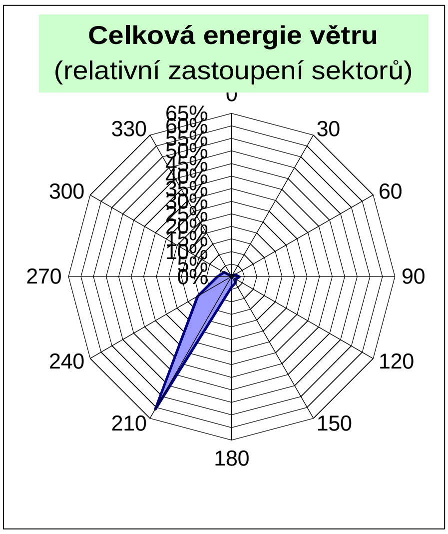
rychlost větru [m/s]	relativní četnost	
	měření	Weibull
0	3.45%	4.86%
1	13.46%	13.37%
2	13.86%	13.73%
3	12.41%	12.63%
4	12.38%	11.03%
5	9.25%	9.32%
6	6.93%	7.69%
7	5.83%	6.23%
8	5.89%	4.97%
9	4.38%	3.91%
10	3.10%	3.04%
11	2.18%	2.34%
12	1.74%	1.78%
13	1.02%	1.35%
14	0.84%	1.01%
15	0.96%	0.75%
16	0.61%	0.55%
17	0.46%	0.41%
18	0.52%	0.30%
19	0.09%	0.22%
20-24	0.61%	0.44%
25+	0.03%	0.09%
celkem	100.00%	100.00%



směr větru [°]	relativní četnost					prům. rychlost [m/s]	Weibull		hustota výkonu [W/m^2]	energie větru	
	všechny termíny	termíny ≥ 3.5 m/s		termíny ≥ 7.5 m/s			A [m/s]	k		za rok [kWh/m^2/rok]	relativně
		z celku	součet 100%	z celku	součet 100%						
0	0.55%	0.03%	0.05%	0.00%	0.00%	1.59	1.9	1.48	8	0	0.02%
30	2.87%	0.84%	1.48%	0.17%	0.78%	2.77	3.1	1.44	41	10	0.44%
60	9.28%	3.97%	6.99%	0.17%	0.78%	3.30	3.8	1.94	46	38	1.61%
90	8.44%	5.19%	9.14%	0.96%	4.27%	4.32	4.8	1.85	97	72	3.08%
120	7.37%	4.26%	7.50%	0.44%	1.94%	3.98	4.5	2.16	69	45	1.91%
150	5.63%	2.96%	5.21%	1.07%	4.79%	4.23	4.8	1.45	141	70	2.98%
180	5.66%	3.39%	5.97%	1.33%	5.95%	4.92	6.0	1.87	192	95	4.06%
210	21.90%	18.74%	32.98%	12.59%	56.14%	8.50	9.6	1.97	741	1422	60.87%
240	11.83%	7.28%	12.81%	2.96%	13.20%	5.44	5.9	1.28	352	365	15.62%
270	11.14%	5.51%	9.70%	1.77%	7.89%	4.17	4.3	1.29	135	132	5.66%
300	12.76%	4.26%	7.50%	0.81%	3.62%	3.14	3.4	1.23	72	81	3.46%
330	2.58%	0.38%	0.66%	0.15%	0.65%	2.30	2.1	1.04	30	7	0.29%
celkem	100%	**56.82%**	100.00%	**22.42%**	100.00%	**5.00**	**5.3**	**1.27**	**267**	**2336**	100.00%



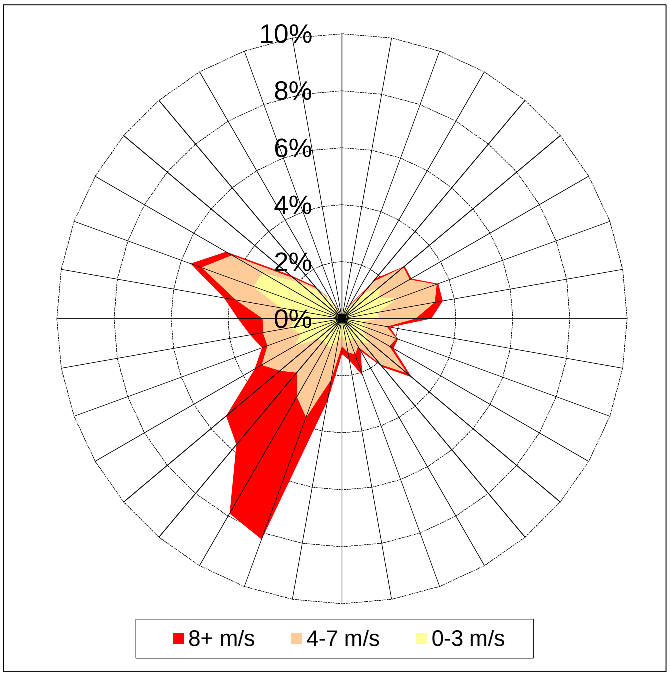


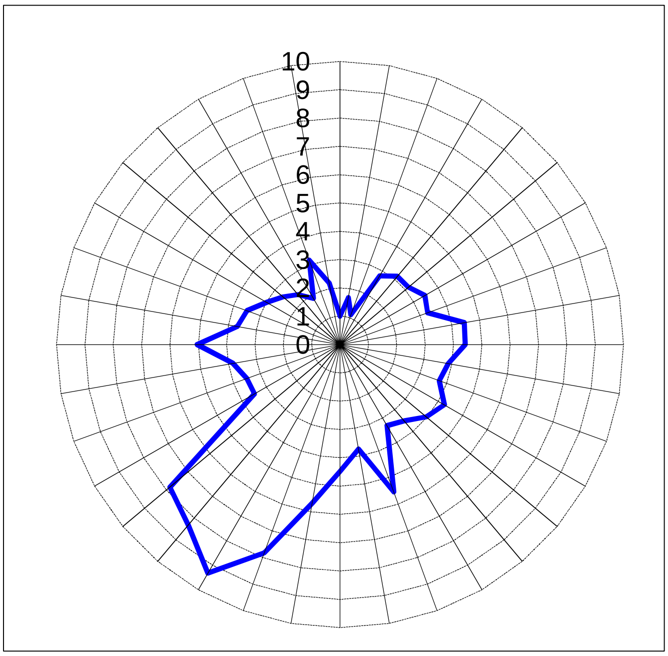


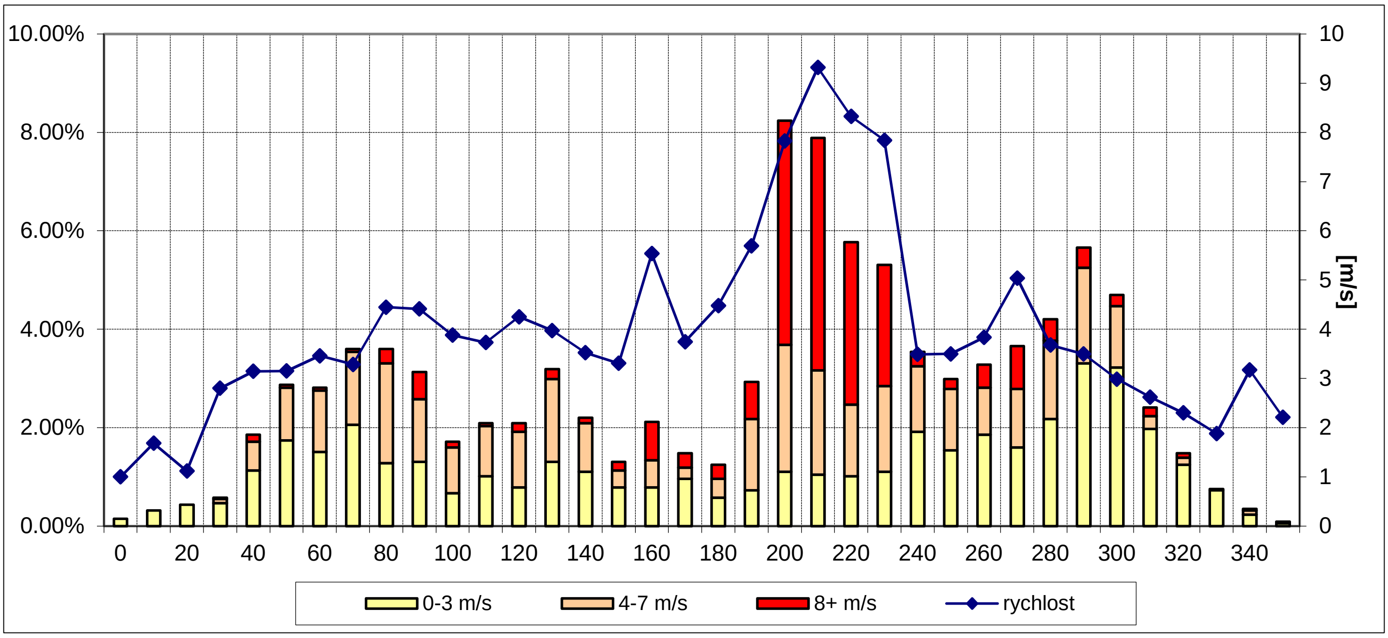
Příloha 2b: **Naměřená data na stanici J.G.Mendela - podrobné směry**

01-02.2010, 01-02.2011

dd [°]	relativní četnost					prům. rychlost [m/s]
	vše termíny	termíny ≥ 3.5 m/s		termíny ≥ 7.5 m/s		
		z celku	součet 100%	z celku	součet 100%	
0	0.15%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	1.00
10	0.32%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	1.68
20	0.44%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	1.12
30	0.58%	0.12%	0.20%	0.03%	0.13%	2.80
40	1.86%	0.73%	1.28%	0.15%	0.65%	3.14
50	2.87%	1.13%	1.99%	0.06%	0.26%	3.15
60	2.81%	1.31%	2.30%	0.06%	0.26%	3.46
70	3.60%	1.54%	2.71%	0.06%	0.26%	3.29
80	3.60%	2.32%	4.08%	0.29%	1.29%	4.45
90	3.13%	1.83%	3.22%	0.55%	2.46%	4.41
100	1.71%	1.04%	1.84%	0.12%	0.52%	3.88
110	2.09%	1.07%	1.89%	0.06%	0.26%	3.73
120	2.09%	1.31%	2.30%	0.17%	0.78%	4.25
130	3.19%	1.89%	3.32%	0.20%	0.91%	3.97
140	2.20%	1.10%	1.94%	0.12%	0.52%	3.52
150	1.31%	0.52%	0.92%	0.17%	0.78%	3.31
160	2.12%	1.33%	2.35%	0.78%	3.49%	5.54
170	1.48%	0.52%	0.92%	0.29%	1.29%	3.74
180	1.25%	0.67%	1.17%	0.29%	1.29%	4.48
190	2.93%	2.20%	3.88%	0.75%	3.36%	5.69
200	8.24%	7.13%	12.56%	4.55%	20.31%	7.83
210	7.89%	6.84%	12.05%	4.73%	21.09%	9.32
220	5.77%	4.76%	8.37%	3.31%	14.75%	8.32
230	5.31%	4.21%	7.40%	2.47%	11.00%	7.84
240	3.54%	1.62%	2.86%	0.29%	1.29%	3.49
250	2.99%	1.45%	2.55%	0.20%	0.91%	3.50
260	3.28%	1.42%	2.50%	0.46%	2.07%	3.83
270	3.65%	2.06%	3.62%	0.87%	3.88%	5.04
280	4.21%	2.03%	3.57%	0.44%	1.94%	3.68
290	5.66%	2.35%	4.13%	0.41%	1.81%	3.50
300	4.70%	1.48%	2.60%	0.23%	1.03%	2.99
310	2.41%	0.44%	0.77%	0.17%	0.78%	2.62
320	1.48%	0.23%	0.41%	0.09%	0.39%	2.30
330	0.75%	0.03%	0.05%	0.03%	0.13%	1.88
340	0.35%	0.12%	0.20%	0.03%	0.13%	3.17
350	0.09%	0.03%	0.05%	0.00%	0.00%	2.21
clk	100%	**56.82%**	100%	**22.42%**	100%	**5.00**



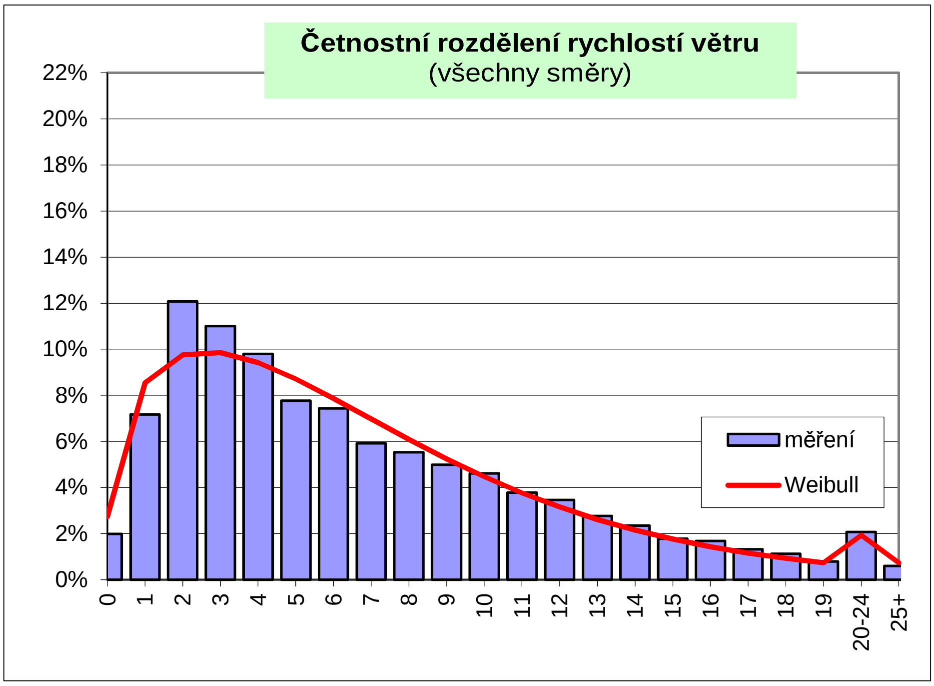




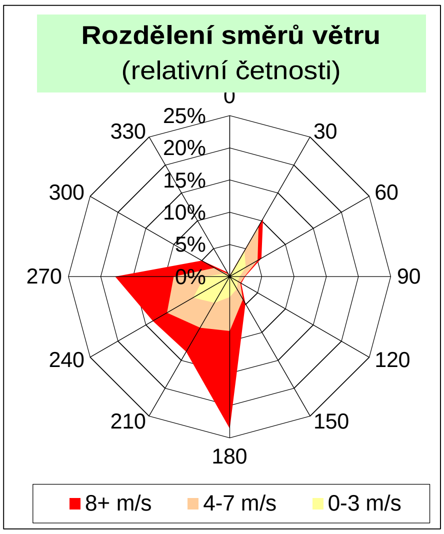
Příloha 3a: **Naměřená data na stanici Johnson Mesa**

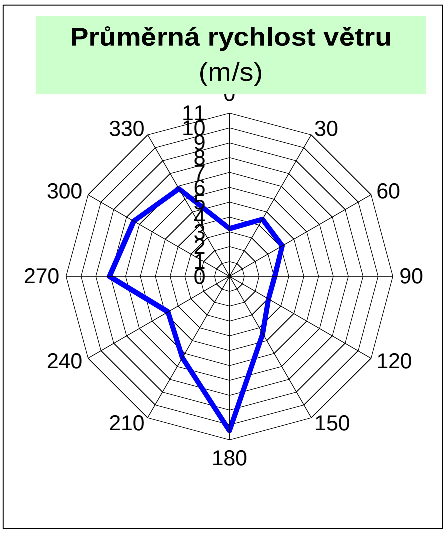
02.2008 - 02.2010, 01-02.2011, po odstranění dat zřejmě postižených námrazou

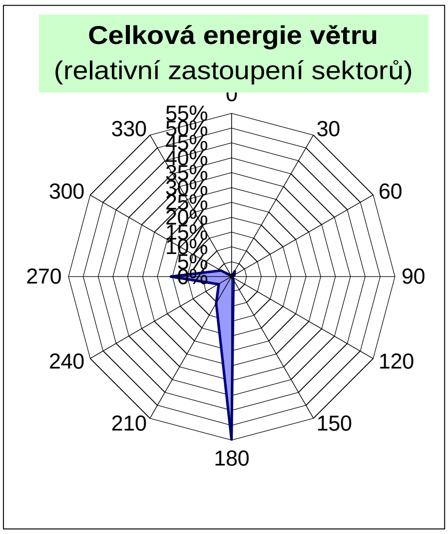
rychlost větru [m/s]	relativní četnost	
	měření	Weibull
0	1.98%	2.74%
1	7.18%	8.54%
2	12.08%	9.75%
3	11.01%	9.85%
4	9.80%	9.43%
5	7.77%	8.72%
6	7.44%	7.87%
7	5.92%	6.97%
8	5.53%	6.08%
9	4.98%	5.24%
10	4.62%	4.47%
11	3.78%	3.77%
12	3.46%	3.15%
13	2.76%	2.61%
14	2.35%	2.15%
15	1.78%	1.76%
16	1.68%	1.43%
17	1.31%	1.15%
18	1.12%	0.93%
19	0.80%	0.74%
20-24	2.06%	1.92%
25+	0.59%	0.73%
celkem	100.00%	100.00%



směr větru [°]	relativní četnost					prům. rychlost [m/s]	Weibull		hustota výkonu [W/m^2]	energie větru	
	všechny termíny	termíny ≥ 3.5 m/s		termíny ≥ 7.5 m/s			A [m/s]	k		za rok [kWh/m^2/rok]	relativně
		z celku	součet 100%	z celku	součet 100%						
0	0.22%	0.08%	0.12%	0.00%	0.00%	3.22	3.5	1.98	34	1	0.01%
30	10.38%	5.75%	8.48%	1.43%	3.87%	4.44	4.7	1.49	127	116	2.12%
60	5.68%	2.79%	4.12%	0.65%	1.76%	4.11	4.4	1.41	116	58	1.05%
90	2.38%	0.81%	1.20%	0.11%	0.29%	3.05	3.4	1.37	55	12	0.21%
120	2.06%	0.61%	0.90%	0.15%	0.41%	3.03	3.0	1.13	67	12	0.22%
150	4.88%	2.67%	3.93%	0.83%	2.25%	4.46	4.9	1.51	141	60	1.10%
180	23.58%	20.42%	30.13%	15.14%	41.12%	10.39	11.7	1.80	1452	3000	54.80%
210	13.48%	8.80%	12.98%	4.34%	11.78%	6.33	6.7	1.31	483	570	10.41%
240	13.75%	7.22%	10.66%	2.52%	6.83%	4.78	4.8	1.18	231	278	5.07%
270	17.78%	13.87%	20.47%	9.09%	24.69%	8.08	9.5	1.87	721	1123	20.51%
300	4.99%	4.04%	5.97%	2.25%	6.12%	7.44	8.5	1.89	513	224	4.09%
330	0.82%	0.70%	1.04%	0.33%	0.89%	6.82	7.8	2.52	304	22	0.40%
celkem	100%	**67.76%**	100.00%	**36.82%**	100.00%	**6.88**	**7.4**	**1.33**	**625**	**5474**	100.00%



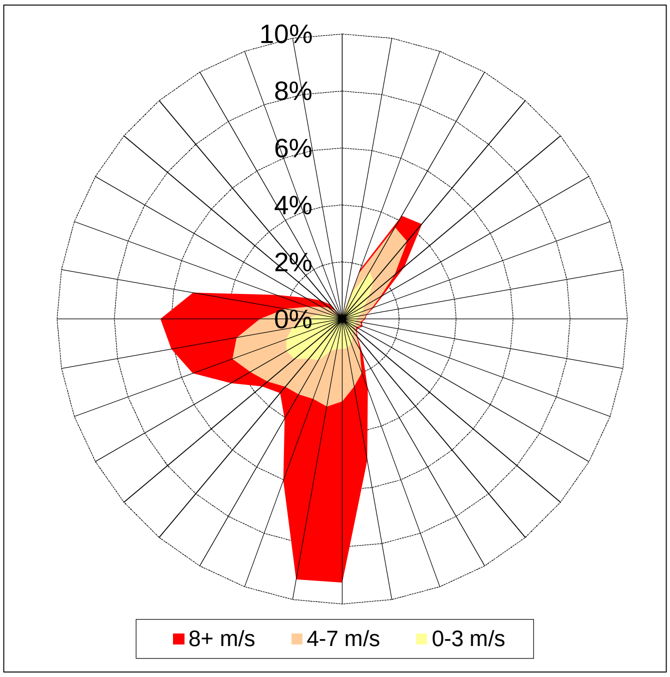


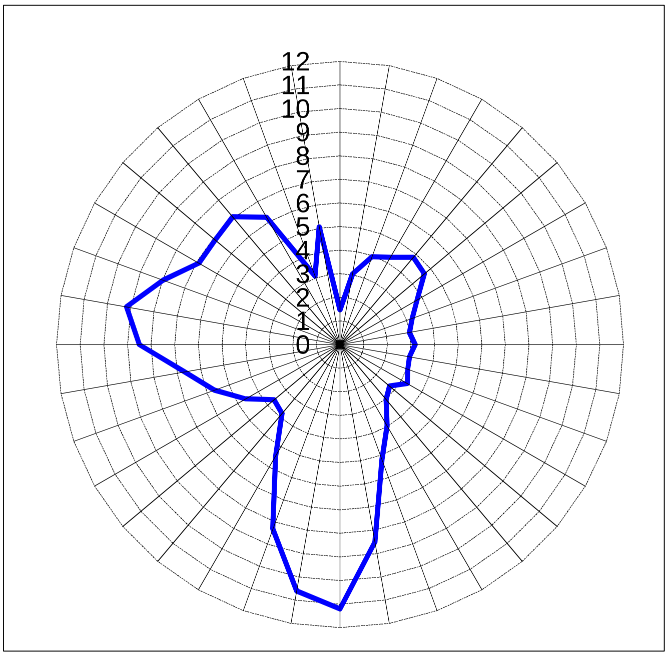


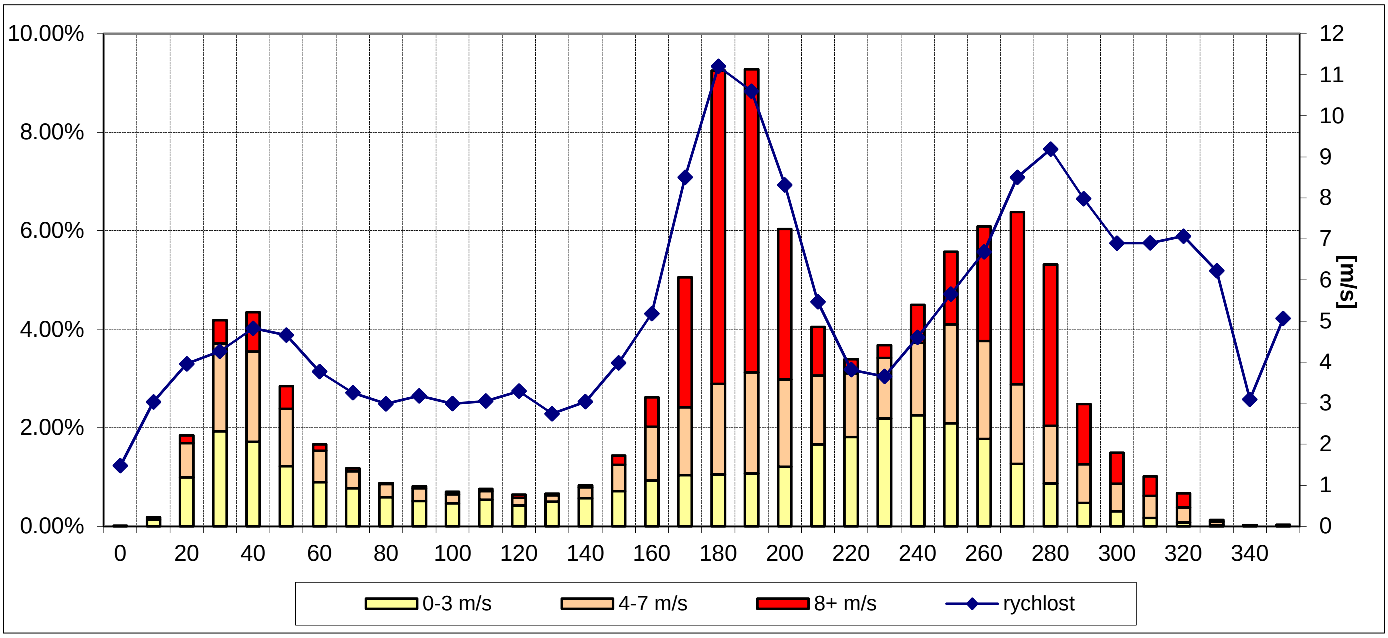
Příloha 3a: **Naměřená data na stanici Johnson Mesa - podrobné směry**

02.2008 - 02.2010, 01-02.2011, po odstranění dat zřejmě postižených námrazou

dd [°]	relativní četnost					prům. rychlost [m/s]
	vše termíny	termíny ≥ 3.5 m/s		termíny ≥ 7.5 m/s		
		z celku	součet 100%	z celku	součet 100%	
0	0.01%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	1.47
10	0.18%	0.05%	0.08%	0.00%	0.00%	3.03
20	1.85%	0.86%	1.27%	0.16%	0.42%	3.96
30	4.18%	2.26%	3.33%	0.47%	1.28%	4.26
40	4.35%	2.63%	3.89%	0.80%	2.17%	4.82
50	2.85%	1.62%	2.40%	0.46%	1.26%	4.66
60	1.66%	0.77%	1.13%	0.13%	0.34%	3.77
70	1.17%	0.40%	0.60%	0.06%	0.16%	3.25
80	0.87%	0.28%	0.42%	0.02%	0.05%	2.98
90	0.81%	0.30%	0.44%	0.04%	0.10%	3.18
100	0.70%	0.23%	0.34%	0.05%	0.14%	2.99
110	0.76%	0.22%	0.33%	0.05%	0.13%	3.05
120	0.64%	0.22%	0.33%	0.07%	0.18%	3.29
130	0.66%	0.16%	0.24%	0.04%	0.10%	2.74
140	0.83%	0.26%	0.38%	0.04%	0.10%	3.03
150	1.43%	0.72%	1.06%	0.19%	0.51%	3.98
160	2.62%	1.69%	2.49%	0.60%	1.63%	5.18
170	5.05%	4.01%	5.92%	2.63%	7.15%	8.50
180	9.25%	8.19%	12.09%	6.36%	17.26%	11.20
190	9.28%	8.21%	12.12%	6.15%	16.71%	10.60
200	6.04%	4.83%	7.13%	3.06%	8.30%	8.32
210	4.05%	2.39%	3.52%	0.99%	2.69%	5.47
220	3.39%	1.58%	2.33%	0.29%	0.78%	3.82
230	3.68%	1.49%	2.20%	0.26%	0.71%	3.65
240	4.49%	2.24%	3.31%	0.77%	2.10%	4.61
250	5.58%	3.49%	5.15%	1.48%	4.02%	5.66
260	6.09%	4.31%	6.36%	2.33%	6.32%	6.68
270	6.38%	5.11%	7.55%	3.49%	9.48%	8.50
280	5.31%	4.44%	6.56%	3.27%	8.89%	9.18
290	2.48%	2.01%	2.97%	1.22%	3.32%	7.98
300	1.49%	1.18%	1.75%	0.63%	1.71%	6.90
310	1.01%	0.85%	1.25%	0.40%	1.09%	6.90
320	0.67%	0.59%	0.87%	0.29%	0.78%	7.07
330	0.13%	0.11%	0.16%	0.04%	0.10%	6.22
340	0.02%	0.01%	0.01%	0.00%	0.00%	3.09
350	0.03%	0.03%	0.04%	0.00%	0.00%	5.06
clk	100%	**67.76%**	100%	**36.82%**	100%	**6.88**



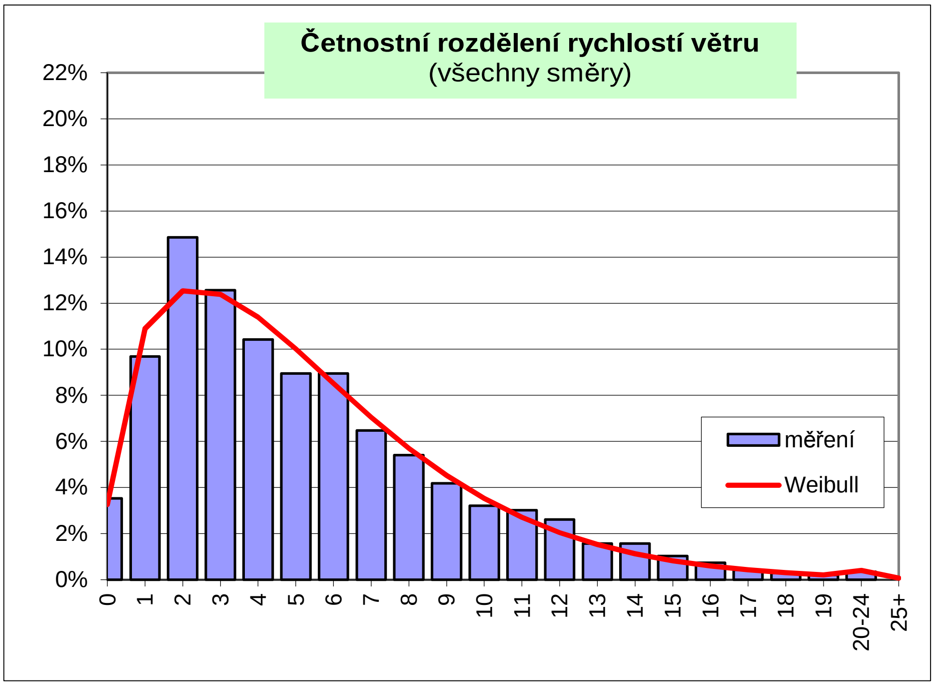




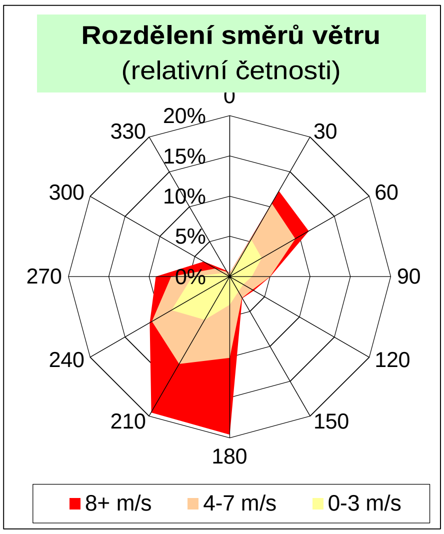
Příloha 4a: **Naměřená data na stanici Johnson Mesa**

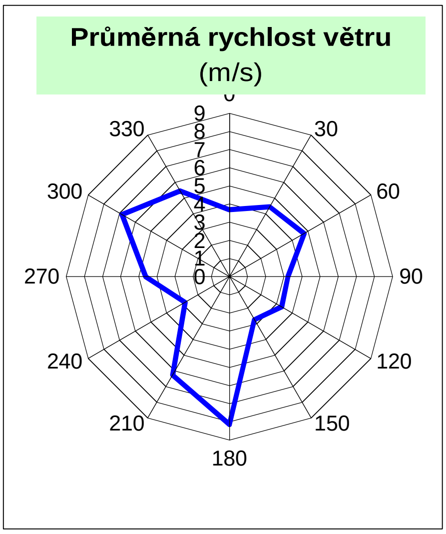
01-02.2010, 01-02.2011, po odstranění dat zřejmě postižených námrazou

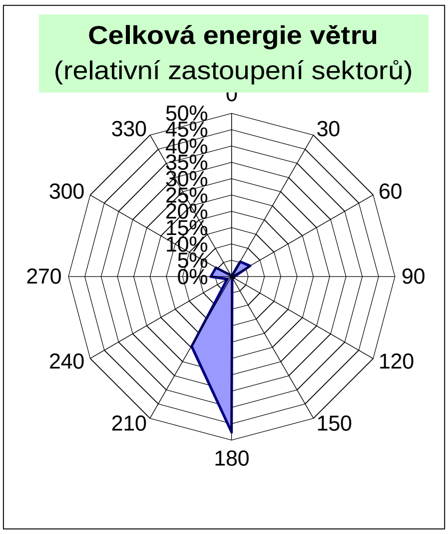
rychlost větru [m/s]	relativní četnost	
	měření	Weibull
0	3.52%	3.26%
1	9.69%	10.89%
2	14.86%	12.53%
3	12.56%	12.39%
4	10.43%	11.40%
5	8.95%	10.02%
6	8.95%	8.51%
7	6.48%	7.04%
8	5.40%	5.70%
9	4.18%	4.52%
10	3.21%	3.52%
11	3.01%	2.70%
12	2.61%	2.05%
13	1.56%	1.53%
14	1.56%	1.13%
15	1.02%	0.82%
16	0.74%	0.59%
17	0.43%	0.42%
18	0.28%	0.30%
19	0.20%	0.21%
20-24	0.34%	0.39%
25+	0.00%	0.06%
celkem	100.00%	100.00%



směr větru [°]	relativní četnost					prům. rychlost [m/s]	Weibull		hustota výkonu [W/m^2]	energie větru	
	všechny termíny	termíny ≥ 3.5 m/s		termíny ≥ 7.5 m/s			A [m/s]	k		za rok [kWh/m^2/r]	relativně
		z celku	součet 100%	z celku	součet 100%						
0	0.45%	0.26%	0.43%	0.00%	0.00%	3.69	4.5	2.65	59	2	0.10%
30	12.25%	6.93%	11.68%	1.76%	7.18%	4.44	4.9	1.67	119	127	5.29%
60	11.34%	6.73%	11.35%	1.90%	7.75%	4.76	5.4	1.67	158	157	6.51%
90	5.06%	2.30%	3.88%	0.06%	0.23%	3.23	3.8	2.28	40	18	0.73%
120	3.47%	1.53%	2.58%	0.20%	0.81%	3.32	3.9	1.68	58	18	0.74%
150	3.10%	0.97%	1.63%	0.03%	0.12%	2.75	3.2	1.57	35	10	0.39%
180	19.61%	16.14%	27.19%	9.52%	38.77%	8.15	9.0	1.78	667	1146	47.64%
210	19.47%	13.30%	22.40%	6.93%	28.24%	6.26	7.2	1.77	346	591	24.55%
240	11.48%	3.13%	5.27%	0.34%	1.39%	2.83	3.1	1.42	38	38	1.59%
270	9.18%	4.55%	7.66%	1.93%	7.87%	4.62	4.8	1.27	192	154	6.40%
300	3.72%	2.84%	4.79%	1.68%	6.83%	6.85	8.0	1.98	407	133	5.51%
330	0.88%	0.68%	1.15%	0.20%	0.81%	5.45	6.2	2.19	170	13	0.55%
celkem	100%	**59.36%**	100.00%	**24.55%**	100.00%	**5.33**	**5.8**	**1.39**	**274**	**2406**	100.00%



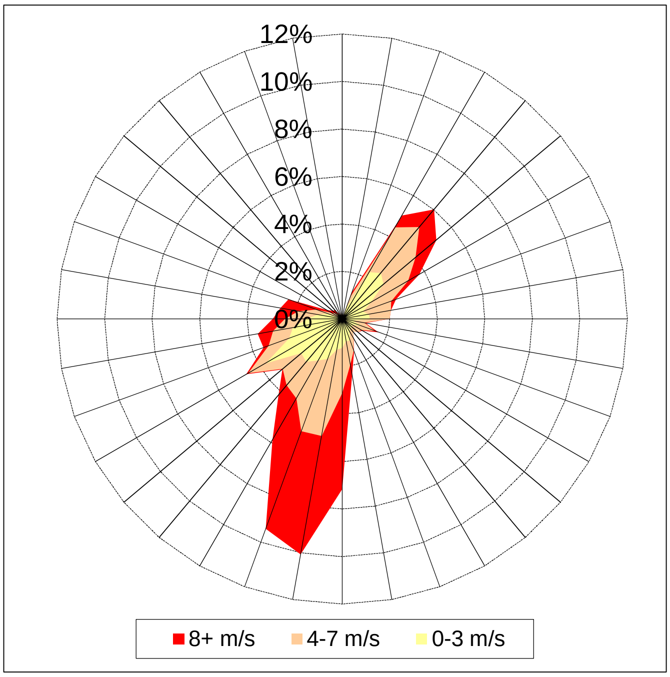


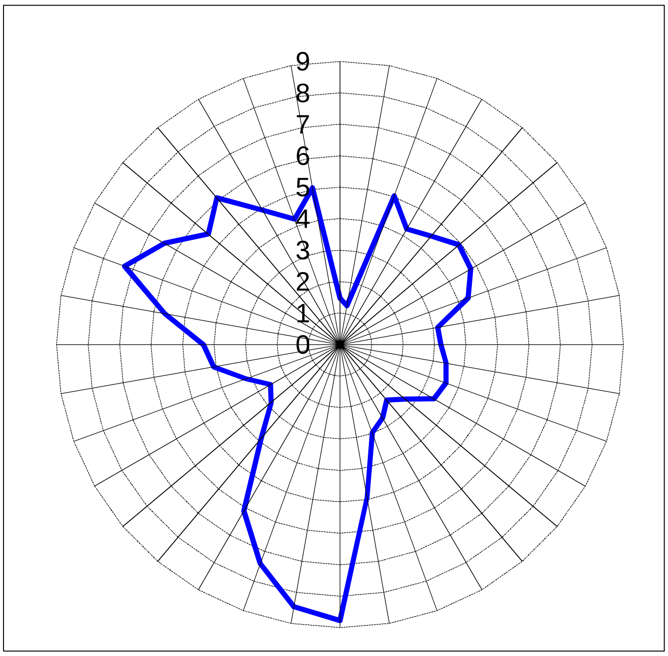


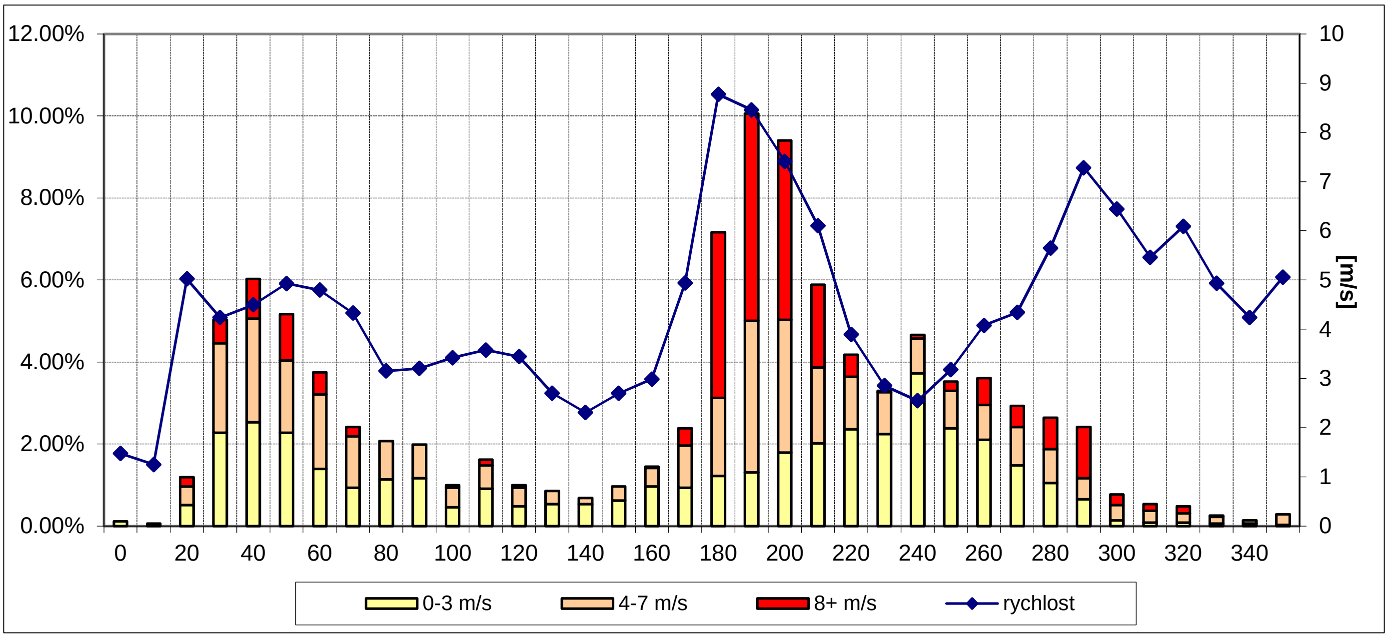
Příloha 4b: **Naměřená data na stanici Johnson Mesa**

01-02.2010, 01-02.2011, po odstranění dat zřejmě postižených námrazou

dd [°]	relativní četnost					prům. rychlost [m/s]
	vše termíny	termíny ≥ 3.5 m/s		termíny ≥ 7.5 m/s		
		z celku	součet 100%	z celku	součet 100%	
0	0.11%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	1.48
10	0.06%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	1.25
20	1.19%	0.68%	1.15%	0.23%	0.93%	5.02
30	5.03%	2.76%	4.64%	0.57%	2.31%	4.24
40	6.02%	3.50%	5.89%	0.97%	3.94%	4.50
50	5.17%	2.90%	4.88%	1.14%	4.63%	4.93
60	3.75%	2.36%	3.97%	0.54%	2.20%	4.79
70	2.42%	1.48%	2.49%	0.23%	0.93%	4.33
80	2.07%	0.94%	1.58%	0.00%	0.00%	3.15
90	1.99%	0.82%	1.39%	0.00%	0.00%	3.20
100	0.99%	0.54%	0.91%	0.06%	0.23%	3.42
110	1.62%	0.71%	1.20%	0.14%	0.58%	3.58
120	0.99%	0.51%	0.86%	0.06%	0.23%	3.44
130	0.85%	0.31%	0.53%	0.00%	0.00%	2.70
140	0.68%	0.14%	0.24%	0.00%	0.00%	2.31
150	0.97%	0.34%	0.57%	0.00%	0.00%	2.70
160	1.45%	0.48%	0.81%	0.03%	0.12%	2.99
170	2.39%	1.45%	2.44%	0.43%	1.74%	4.94
180	7.16%	5.94%	10.00%	4.04%	16.44%	8.77
190	10.06%	8.75%	14.74%	5.06%	20.60%	8.46
200	9.41%	7.62%	12.83%	4.38%	17.82%	7.41
210	5.88%	3.86%	6.51%	2.02%	8.22%	6.11
220	4.18%	1.82%	3.06%	0.54%	2.20%	3.89
230	3.30%	1.05%	1.77%	0.03%	0.12%	2.85
240	4.66%	0.94%	1.58%	0.09%	0.35%	2.55
250	3.52%	1.14%	1.91%	0.23%	0.93%	3.18
260	3.61%	1.51%	2.54%	0.65%	2.66%	4.08
270	2.93%	1.45%	2.44%	0.51%	2.08%	4.34
280	2.64%	1.59%	2.68%	0.77%	3.13%	5.65
290	2.42%	1.76%	2.97%	1.25%	5.09%	7.28
300	0.77%	0.63%	1.05%	0.26%	1.04%	6.44
310	0.54%	0.45%	0.77%	0.17%	0.69%	5.46
320	0.48%	0.40%	0.67%	0.17%	0.69%	6.09
330	0.26%	0.20%	0.34%	0.03%	0.12%	4.93
340	0.14%	0.09%	0.14%	0.00%	0.00%	4.24
350	0.28%	0.26%	0.43%	0.00%	0.00%	5.06
clk	100%	**59.36%**	100%	**24.55%**	100%	**5.33**







Příloha 5: **Denní chod rychlosti větru**

01-02.2010, 01-02.2011, po odstranění dat zřejmě postižených námrazou

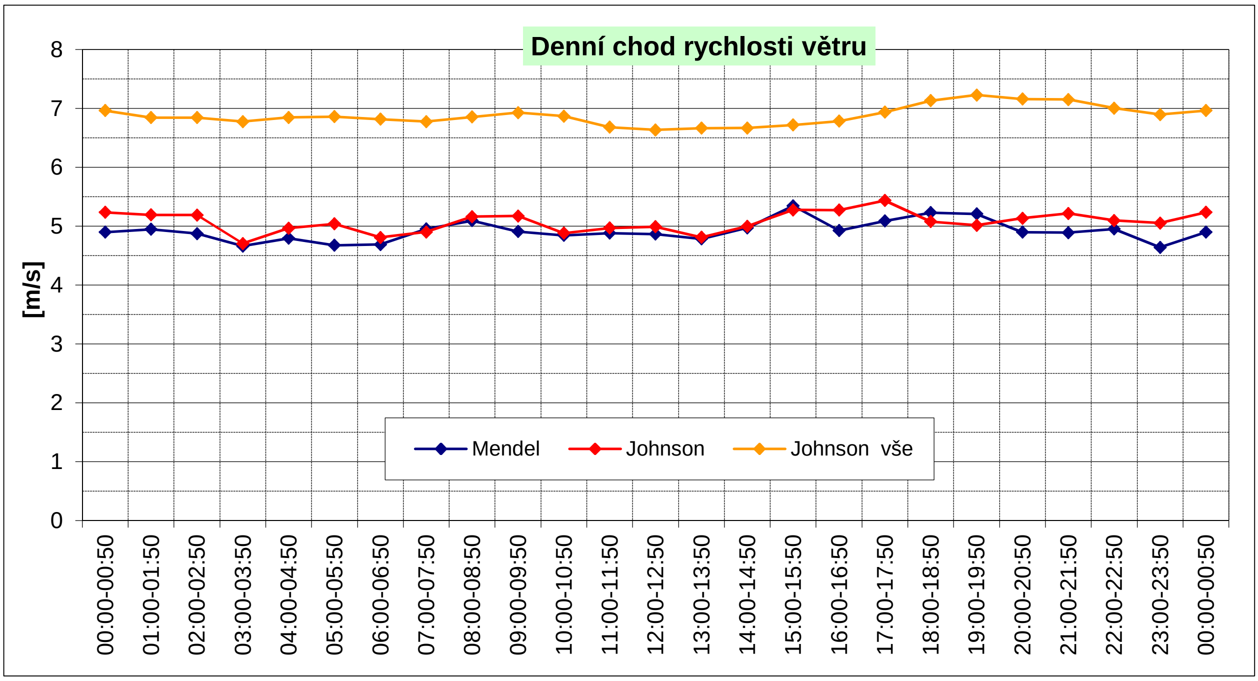
čas [UTC]	průměrná rychlost větru [m/s]		
	Mendel	Johnson	Johnson vše
00:00-00:50	4.90	5.24	6.97
01:00-01:50	4.95	5.19	6.85
02:00-02:50	4.88	5.19	6.85
03:00-03:50	4.66	4.71	6.78
04:00-04:50	4.80	4.97	6.85
05:00-05:50	4.68	5.04	6.86
06:00-06:50	4.69	4.81	6.82
07:00-07:50	4.95	4.90	6.78
08:00-08:50	5.09	5.16	6.86
09:00-09:50	4.91	5.17	6.93
10:00-10:50	4.84	4.88	6.87
11:00-11:50	4.88	4.97	6.68
12:00-12:50	4.87	4.99	6.64
13:00-13:50	4.79	4.81	6.67
14:00-14:50	4.97	5.00	6.67
15:00-15:50	5.35	5.28	6.72
16:00-16:50	4.93	5.27	6.79
17:00-17:50	5.09	5.44	6.94
18:00-18:50	5.23	5.08	7.13
19:00-19:50	5.21	5.02	7.23
20:00-20:50	4.90	5.14	7.16
21:00-21:50	4.89	5.22	7.15
22:00-22:50	4.95	5.10	7.01
23:00-23:50	4.64	5.05	6.90
průměr	**4.92**	**5.07**	**6.88**

První dva sloupce zahrnují pouze termíny společné pro obě měřené řady.

Mendel - řada měření na stanici J.G.Mendela

Johnson - měření na Johnson Mesa
(jen v době měření na stanici J.G.Mendela)

Johnson vše - měření na Johnson Mesa,
zahrnuje celé období měření od 02.2008



Příloha 6: **Průběh průměrných měsíčních rychlostí větru**

02.2008 - 02.2010, 01-02.2011, po odstranění dat zřejmě postižených námrazou

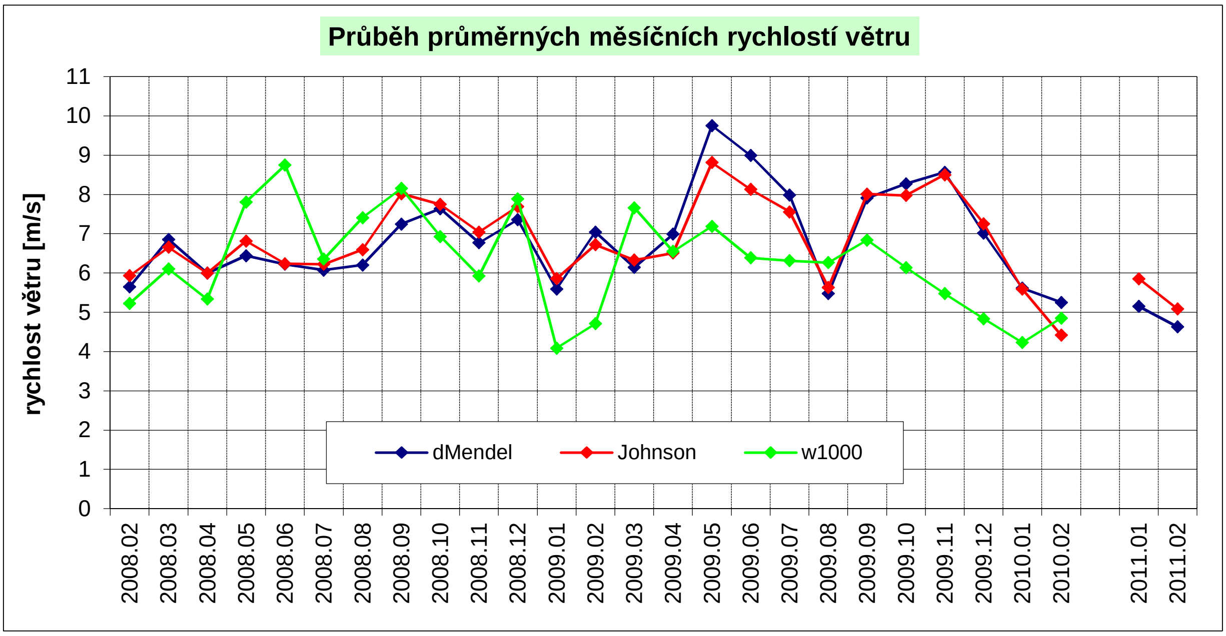
měsíc	průměrná rychlost větru [m/s]		
	dMendel	Johnson	w1000
2008.02	5.65	5.93	5.23
2008.03	6.85	6.66	6.10
2008.04	6.00	6.00	5.34
2008.05	6.44	6.81	7.81
2008.06	6.22	6.24	8.75
2008.07	6.07	6.22	6.36
2008.08	6.21	6.60	7.41
2008.09	7.25	8.02	8.15
2008.10	7.64	7.75	6.93
2008.11	6.77	7.04	5.93
2008.12	7.36	7.70	7.89
2009.01	5.59	5.86	4.09
2009.02	7.04	6.72	4.71
2009.03	6.14	6.33	7.66
2009.04	6.99	6.51	6.55
2009.05	9.75	8.82	7.19
2009.06	8.99	8.13	6.39
2009.07	7.98	7.56	6.31
2009.08	5.48	5.63	6.27
2009.09	7.91	8.01	6.84
2009.10	8.27	7.98	6.14
2009.11	8.56	8.50	5.47
2009.12	7.02	7.25	4.84
2010.01	5.61	5.59	4.23
2010.02	5.25	4.42	4.85
2011.01	5.15	5.85	
2011.02	4.63	5.08	
průměr	**6.85**	**6.88**	**6.30**

Zahrnuje pouze termíny společné pro všechny měřené řady.

dMendel - doplněná řada měření na stanici J.G.Mendela

Johnson - měření na Johnson Mesa

w1000 - rychlost větru na hladině 1000 dle reanalýz NCEP/NCAR

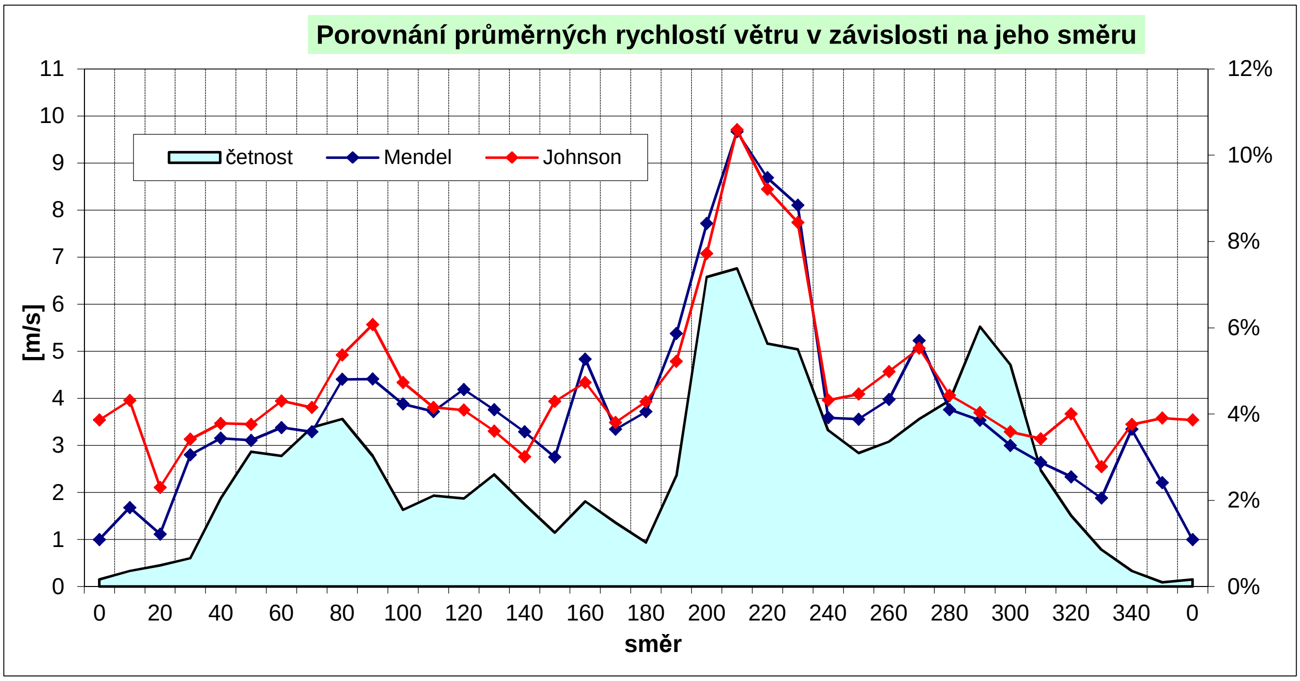


Příloha 7a: **Porovnání rychlostí větru v závislosti na směru na stanici J.G.Mendela**

01-02.2010, 01-02.2011, po odstranění dat zřejmě postižených námrazou

zahrnuje pouze termíny společné pro všechny senzory rychlosti větru

směr [°] (Mendel)	průměrná rychlost větru [m/s]	
	Mendel	Johnson
0	1.00	3.54
10	1.68	3.95
20	1.12	2.11
30	2.80	3.13
40	3.15	3.47
50	3.11	3.45
60	3.38	3.94
70	3.29	3.81
80	4.40	4.92
90	4.41	5.57
100	3.88	4.34
110	3.72	3.81
120	4.19	3.75
130	3.76	3.31
140	3.29	2.76
150	2.75	3.94
160	4.84	4.34
170	3.34	3.49
180	3.72	3.93
190	5.38	4.79
200	7.72	7.08
210	9.67	9.71
220	8.69	8.44
230	8.11	7.74
240	3.59	3.96
250	3.56	4.09
260	3.98	4.57
270	5.23	5.07
280	3.76	4.07
290	3.53	3.70
300	3.00	3.29
310	2.64	3.14
320	2.33	3.67
330	1.88	2.55
340	3.34	3.45
350	2.21	3.58
průměr	**4.92**	**5.07**

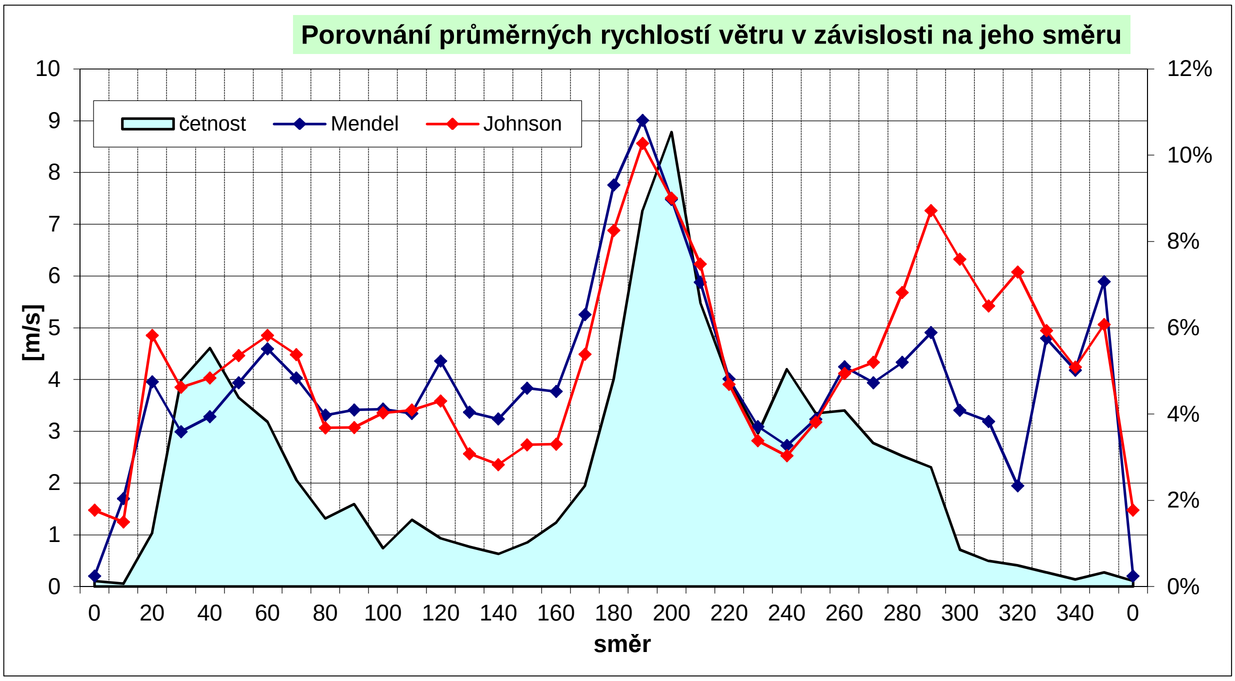


Příloha 7b: **Porovnání rychlostí větru v závislosti na směru na Johnson Mesa**

01-02.2010, 01-02.2011, po odstranění dat zřejmě postižených námrazou

zahrnuje pouze termíny společné pro všechny senzory rychlosti větru

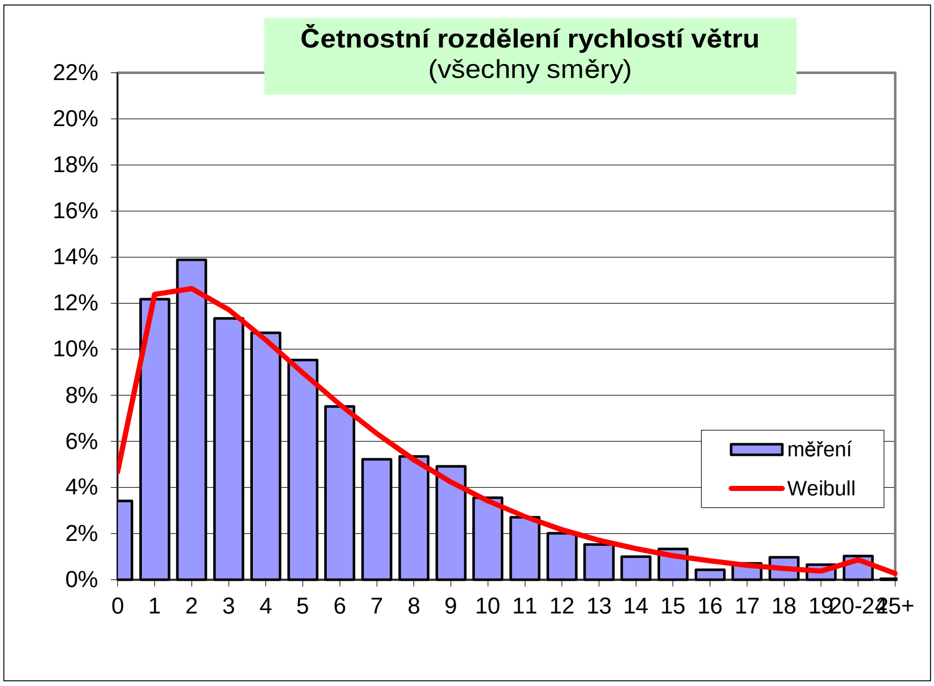
směr [°] (Johnson)	průměrná rychlost větru [m/s]	
	Mendel	Johnson
0	0.20	1.48
10	1.70	1.25
20	3.96	4.85
30	2.99	3.85
40	3.28	4.03
50	3.94	4.46
60	4.59	4.85
70	4.03	4.48
80	3.31	3.07
90	3.41	3.07
100	3.43	3.35
110	3.34	3.41
120	4.36	3.59
130	3.37	2.57
140	3.24	2.35
150	3.83	2.74
160	3.77	2.75
170	5.26	4.49
180	7.76	6.88
190	9.01	8.56
200	7.48	7.50
210	5.88	6.23
220	4.01	3.91
230	3.09	2.82
240	2.72	2.53
250	3.23	3.18
260	4.25	4.12
270	3.94	4.33
280	4.33	5.68
290	4.91	7.27
300	3.40	6.32
310	3.19	5.42
320	1.95	6.07
330	4.79	4.95
340	4.18	4.24
350	5.89	5.06
průměr	**4.92**	**5.07**



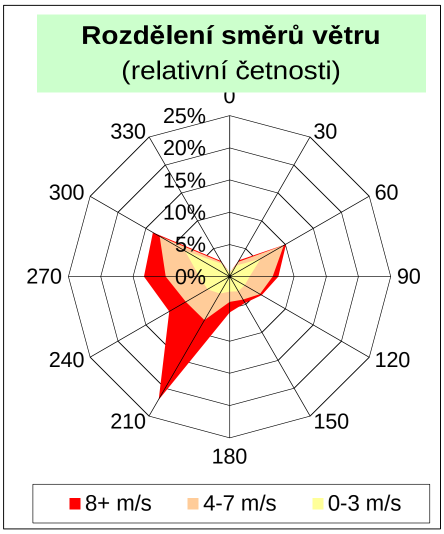
Příloha 8a: **Prodloužení měření na stanici J.G.Mednela podle Johnson Mesa**

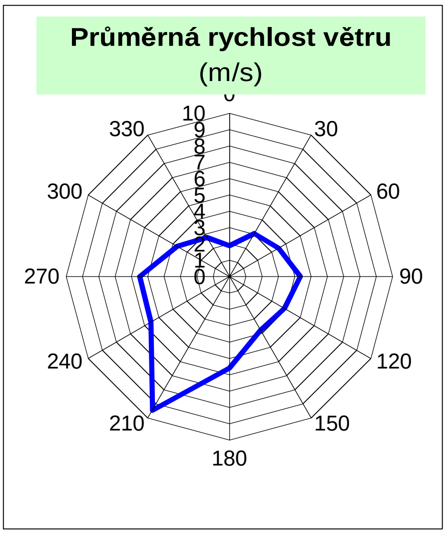
02.2008, 01.-02.2009, 01.-02.2010, 01.-02.2011 ***metoda 1***

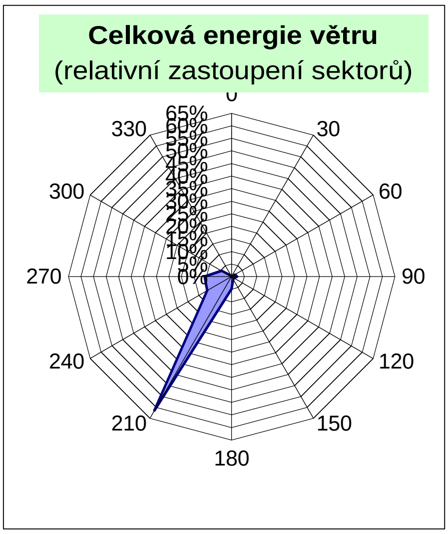
rychlost větru [m/s]	relativní četnost	
	měření	Weibull
0	3.42%	4.67%
1	12.17%	12.38%
2	13.88%	12.64%
3	11.34%	11.72%
4	10.71%	10.40%
5	9.54%	8.98%
6	7.52%	7.60%
7	5.22%	6.33%
8	5.35%	5.21%
9	4.92%	4.24%
10	3.56%	3.42%
11	2.71%	2.74%
12	2.01%	2.17%
13	1.52%	1.71%
14	0.99%	1.34%
15	1.34%	1.05%
16	0.42%	0.81%
17	0.71%	0.62%
18	0.97%	0.48%
19	0.65%	0.37%
20-24	1.03%	0.86%
25+	0.04%	0.26%
celkem	100.00%	100.00%


Četnostní rozdělení rychlostí větru
(všechny směry)

směr větru [°]	relativní četnost					prům. rychlost [m/s]	Weibull		hustota výkonu [W/m^2]	energie větru	
	všechny termíny	termíny ≥ 3.5 m/s		termíny ≥ 7.5 m/s			A [m/s]	k		za rok [kWh/m^2/r	relativně
		z celku	součet 100%	z celku	součet 100%						
0	0.63%	0.03%	0.06%	0.00%	0.00%	1.90	2.1	1.30	16	1	0.03%
30	2.92%	0.97%	1.65%	0.24%	0.93%	3.05	3.4	1.40	53	14	0.43%
60	10.09%	4.55%	7.68%	0.37%	1.40%	3.48	3.9	1.85	55	49	1.54%
90	7.56%	4.46%	7.54%	0.90%	3.43%	4.34	4.8	1.78	102	68	2.14%
120	5.74%	3.04%	5.13%	0.33%	1.28%	3.89	4.4	1.98	70	35	1.12%
150	4.74%	2.10%	3.54%	0.64%	2.44%	3.80	4.1	1.41	98	41	1.29%
180	5.57%	3.25%	5.50%	1.66%	6.35%	5.60	6.9	1.75	310	151	4.78%
210	22.04%	19.02%	32.14%	14.24%	54.35%	9.44	10.5	1.89	1006	1943	61.51%
240	10.83%	6.86%	11.60%	2.98%	11.37%	5.55	6.2	1.33	376	357	11.29%
270	13.29%	8.59%	14.52%	3.37%	12.86%	5.50	5.4	1.24	293	341	10.78%
300	13.77%	5.72%	9.67%	1.24%	4.74%	3.71	3.9	1.19	122	147	4.67%
330	2.81%	0.58%	0.98%	0.23%	0.86%	2.77	2.1	0.90	53	13	0.41%
celkem	100.00%	**59.19%**	100.00%	**26.20%**	100.00%	**5.50**	**5.8**	**1.24**	**361**	**3159**	100.00%


Rozdělení směrů větru
(relativní četnosti)

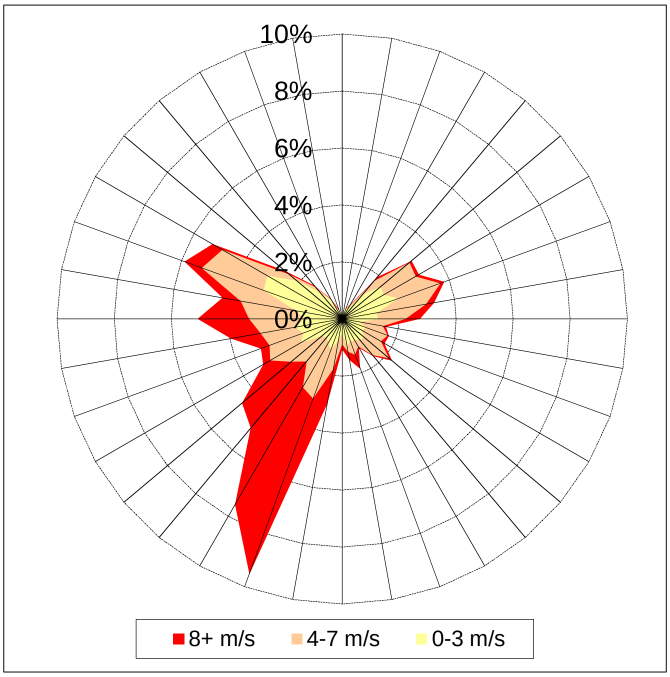

Průměrná rychlost větru
(m/s)

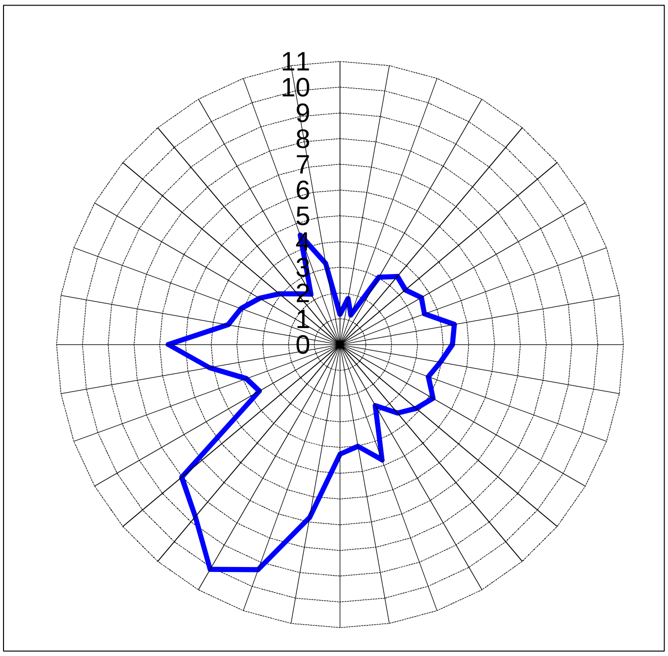

Celková energie větru
(relativní zastoupení sektorů)

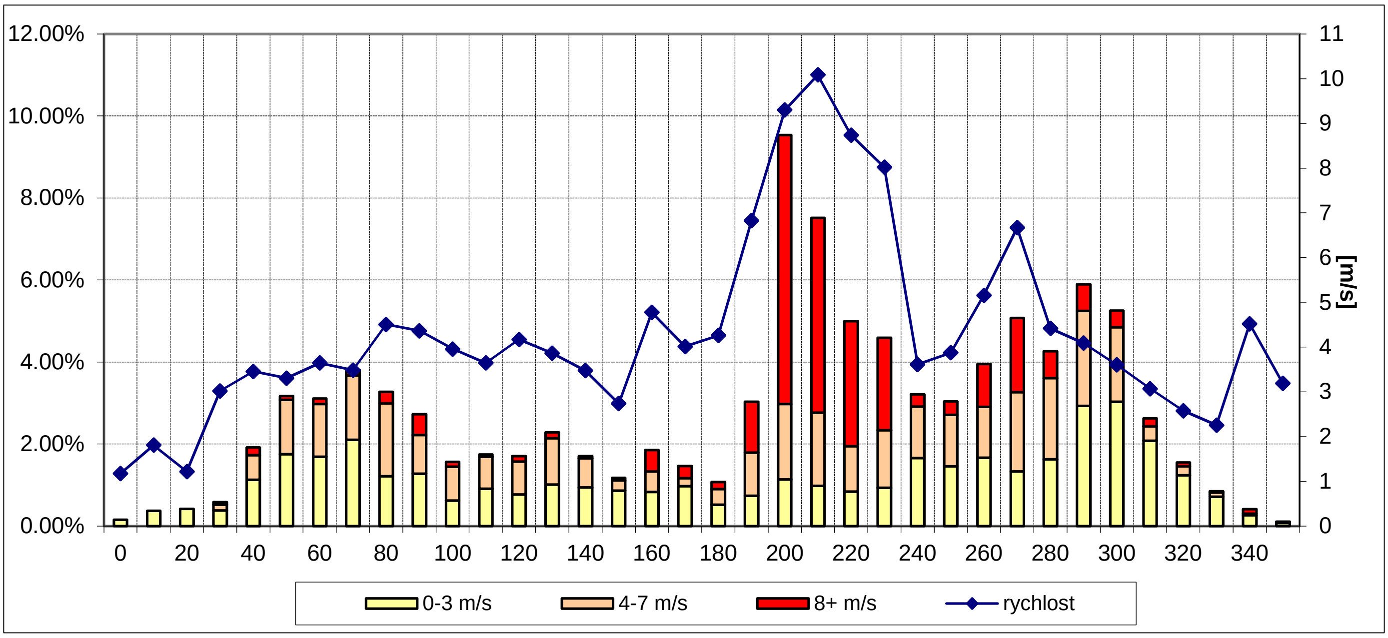
Příloha 8b: **Prodloužení měření na stanici J.G.Mednela podle Johnson Mesa - podr.směry**

02.2008, 01.-02.2009, 01.-02.2010, 01.-02.2011 ***metoda 1***

dd [°]	relativní četnost					prům. rychlost [m/s]
	vše termíny	termíny ≥ 3.5 m/s z celku	termíny ≥ 3.5 m/s součet 100%	termíny ≥ 7.5 m/s z celku	termíny ≥ 7.5 m/s součet 100%	
0	0.15%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	1.18
10	0.37%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	1.81
20	0.42%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	1.22
30	0.58%	0.20%	0.34%	0.06%	0.22%	3.02
40	1.92%	0.79%	1.33%	0.19%	0.71%	3.46
50	3.17%	1.42%	2.40%	0.10%	0.38%	3.31
60	3.11%	1.42%	2.39%	0.14%	0.51%	3.65
70	3.81%	1.70%	2.87%	0.13%	0.51%	3.48
80	3.27%	2.06%	3.47%	0.28%	1.07%	4.51
90	2.72%	1.45%	2.44%	0.50%	1.91%	4.36
100	1.57%	0.95%	1.59%	0.12%	0.45%	3.96
110	1.75%	0.83%	1.40%	0.05%	0.20%	3.65
120	1.71%	0.94%	1.58%	0.14%	0.52%	4.17
130	2.29%	1.27%	2.14%	0.14%	0.55%	3.86
140	1.71%	0.77%	1.29%	0.06%	0.22%	3.47
150	1.18%	0.31%	0.52%	0.06%	0.23%	2.74
160	1.85%	1.02%	1.72%	0.53%	1.99%	4.78
170	1.46%	0.49%	0.82%	0.29%	1.11%	4.02
180	1.07%	0.55%	0.93%	0.17%	0.65%	4.26
190	3.03%	2.29%	3.86%	1.24%	4.71%	6.83
200	9.53%	8.39%	14.14%	6.56%	24.82%	9.30
210	7.52%	6.54%	11.02%	4.75%	17.99%	10.08
220	5.00%	4.15%	7.00%	3.05%	11.54%	8.74
230	4.59%	3.65%	6.16%	2.25%	8.53%	8.02
240	3.21%	1.55%	2.60%	0.29%	1.10%	3.61
250	3.04%	1.58%	2.67%	0.32%	1.22%	3.88
260	3.95%	2.29%	3.85%	1.05%	3.96%	5.16
270	5.07%	3.74%	6.30%	1.81%	6.83%	6.67
280	4.26%	2.64%	4.44%	0.65%	2.46%	4.42
290	5.89%	2.96%	4.99%	0.64%	2.44%	4.09
300	5.25%	2.22%	3.74%	0.40%	1.53%	3.60
310	2.62%	0.54%	0.92%	0.19%	0.73%	3.07
320	1.55%	0.31%	0.52%	0.09%	0.35%	2.58
330	0.85%	0.13%	0.22%	0.03%	0.12%	2.25
340	0.41%	0.15%	0.25%	0.11%	0.42%	4.52
350	0.11%	0.04%	0.06%	0.00%	0.00%	3.19
clk	100%	**59.35%**	100%	**26.42%**	100%	**5.50**



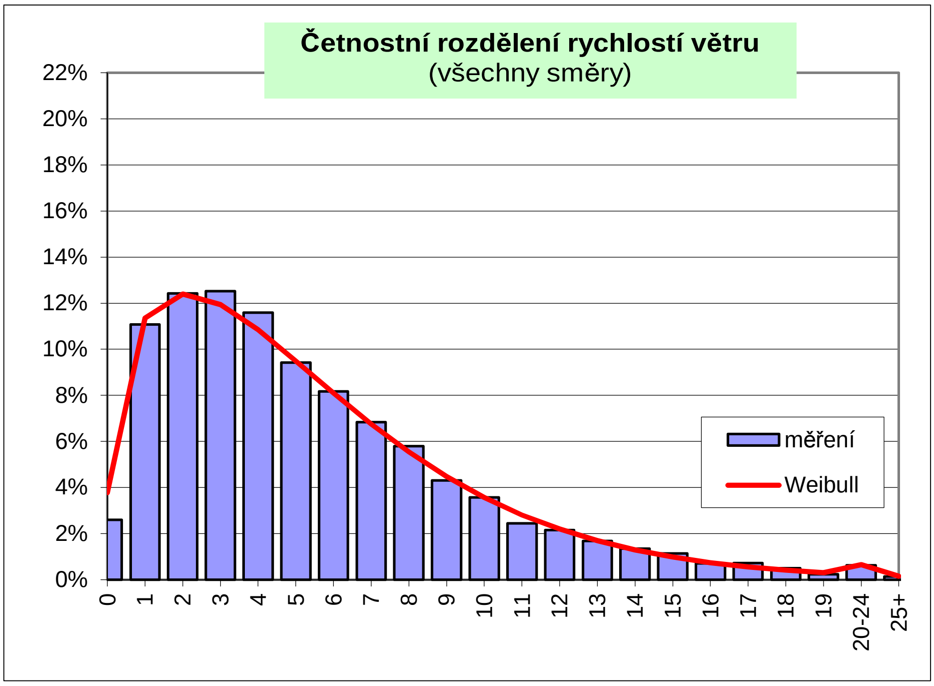




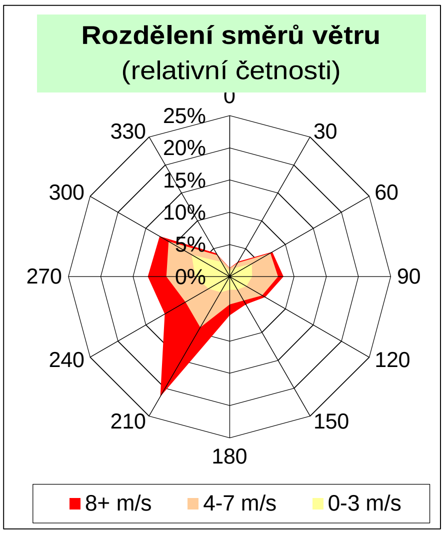
Příloha 9a: **Prodloužení měření na stanici J.G.Mednela podle Johnson Mesa**

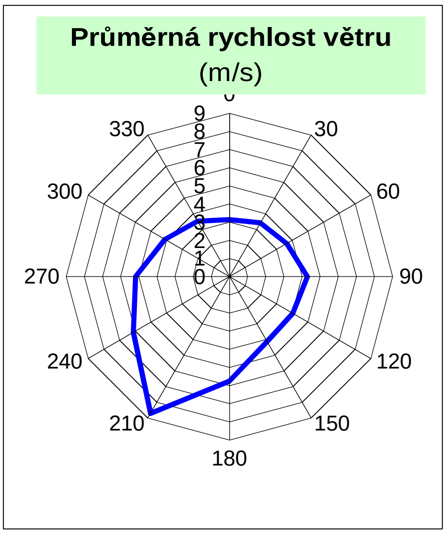
02.2008, 01.-02.2009, 01.-02.2010, 01.-02.2011 ***metoda 2***

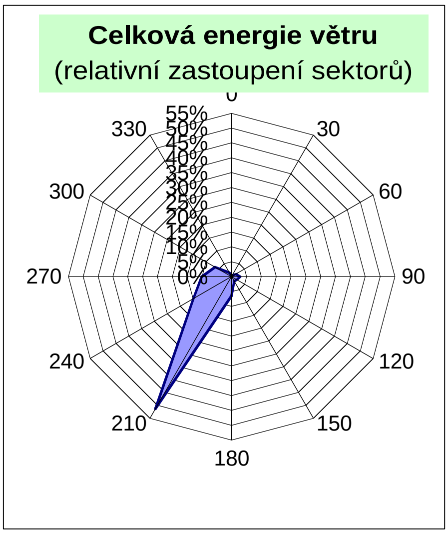
rychlost větru [m/s]	relativní četnost měření	relativní četnost Weibull
0	2.59%	3.77%
1	11.08%	11.35%
2	12.43%	12.40%
3	12.52%	11.94%
4	11.60%	10.85%
5	9.43%	9.50%
6	8.18%	8.09%
7	6.84%	6.75%
8	5.80%	5.54%
9	4.31%	4.47%
10	3.57%	3.57%
11	2.44%	2.81%
12	2.16%	2.19%
13	1.68%	1.69%
14	1.34%	1.29%
15	1.14%	0.98%
16	0.71%	0.74%
17	0.72%	0.55%
18	0.50%	0.41%
19	0.24%	0.30%
20-24	0.62%	0.64%
25+	0.14%	0.14%
celkem	100.00%	100.00%



směr větru [°]	relativní četnost: všechny termíny	termíny ≥ 3.5 m/s: z celku	termíny ≥ 3.5 m/s: součet 100%	termíny ≥ 7.5 m/s: z celku	termíny ≥ 7.5 m/s: součet 100%	prům. rychlost [m/s]	Weibull A [m/s]	Weibull k	hustota výkonu [W/m²]	energie větru za rok [kWh/m²/rok]	energie větru relativně
0	1.36%	0.51%	0.83%	0.06%	0.24%	3.14	3.5	1.34	68	8	0.28%
30	2.69%	1.11%	1.82%	0.19%	0.73%	3.42	3.8	1.48	71	17	0.57%
60	7.66%	3.68%	5.99%	0.36%	1.42%	3.65	4.2	1.72	73	49	1.68%
90	8.36%	4.89%	7.97%	0.85%	3.37%	4.30	4.8	1.69	115	84	2.89%
120	6.37%	3.39%	5.53%	0.55%	2.15%	4.03	4.5	1.55	106	59	2.03%
150	4.97%	2.61%	4.26%	0.66%	2.59%	4.14	4.6	1.51	117	51	1.74%
180	6.02%	3.99%	6.50%	1.73%	6.84%	5.75	6.7	1.53	354	187	6.38%
210	21.49%	18.69%	30.45%	12.36%	48.78%	8.70	9.8	1.91	799	1504	51.40%
240	11.63%	7.88%	12.84%	3.73%	14.71%	6.13	6.8	1.42	429	437	14.94%
270	12.70%	7.33%	11.95%	2.90%	11.44%	5.17	5.5	1.31	267	297	10.13%
300	12.52%	5.70%	9.28%	1.59%	6.26%	4.11	4.2	1.13	171	188	6.43%
330	4.22%	1.59%	2.58%	0.37%	1.47%	3.53	3.6	1.09	122	45	1.55%
celkem	100%	**61.39%**	100.00%	**25.35%**	100.00%	**5.49**	**5.9**	**1.32**	**334**	**2926**	100.00%



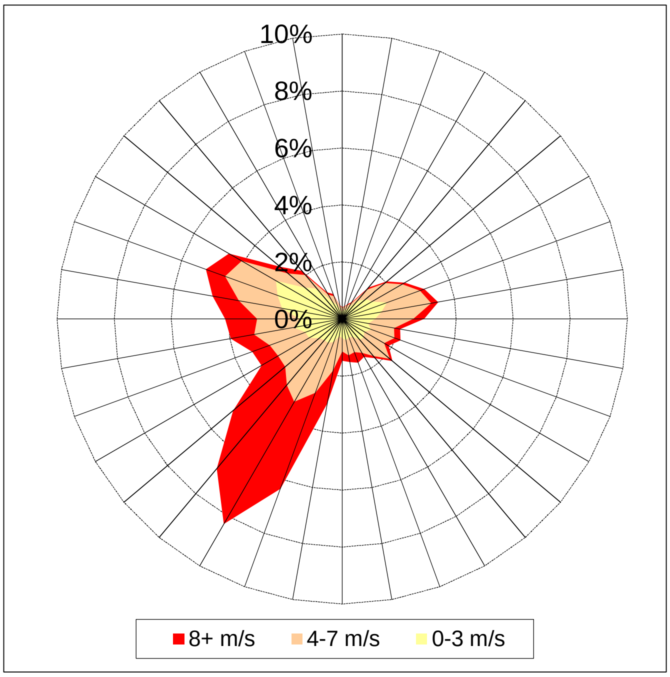


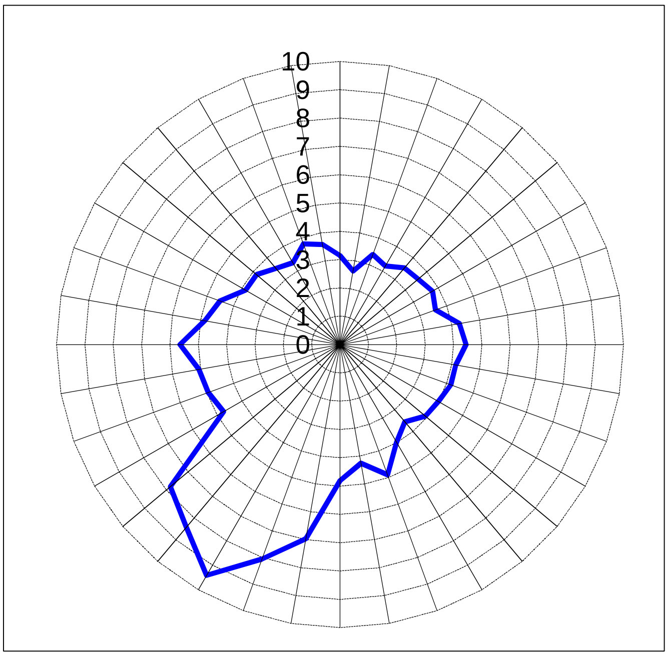


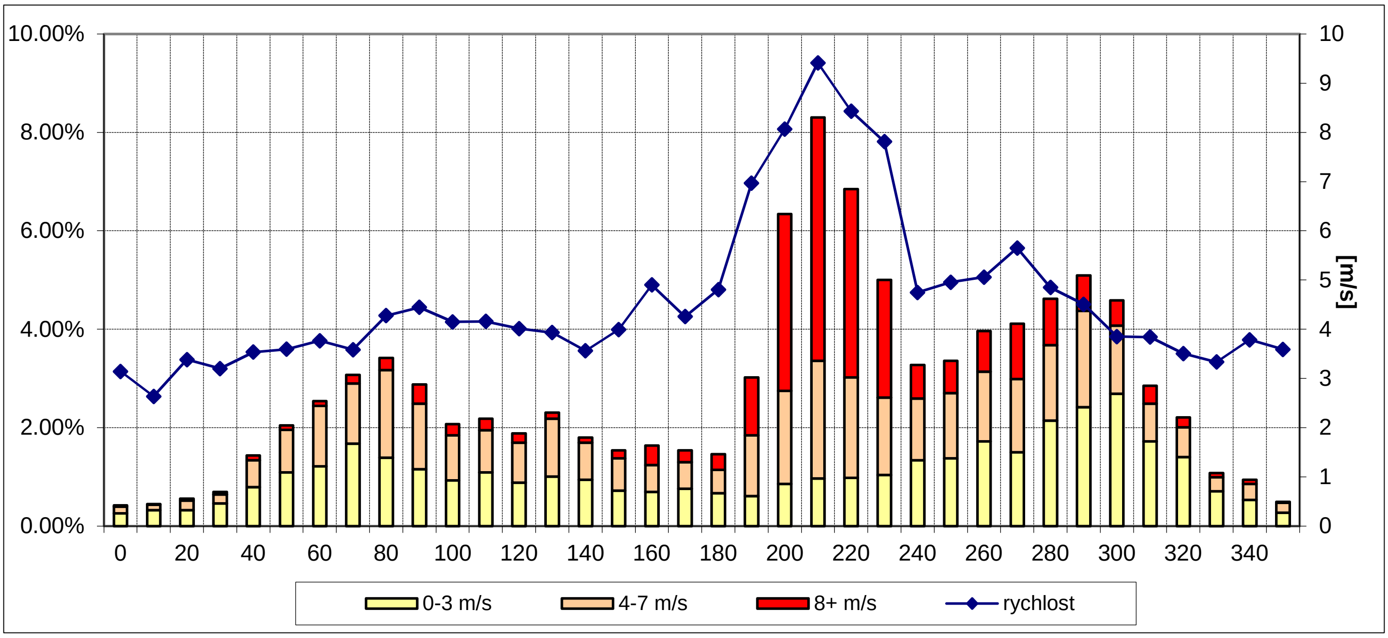
Příloha 9b: **Prodloužení měření na stanici J.G.Mednela podle Johnson Mesa - podr.směry**

02.2008, 01.-02.2009, 01.-02.2010, 01.-02.2011 ***metoda 2***

dd [°]	relativní četnost					prům. rychlost [m/s]
	vše termíny	termíny ≥ 3.5 m/s		termíny ≥ 7.5 m/s		
		z celku	součet 100%	z celku	součet 100%	
0	0.42%	0.16%	0.26%	0.02%	0.10%	3.14
10	0.45%	0.12%	0.20%	0.01%	0.05%	2.63
20	0.56%	0.24%	0.38%	0.04%	0.15%	3.38
30	0.69%	0.24%	0.38%	0.05%	0.20%	3.20
40	1.44%	0.64%	1.05%	0.10%	0.39%	3.54
50	2.04%	0.95%	1.55%	0.09%	0.34%	3.59
60	2.54%	1.33%	2.16%	0.10%	0.39%	3.77
70	3.07%	1.40%	2.28%	0.17%	0.68%	3.58
80	3.42%	2.03%	3.31%	0.25%	0.98%	4.28
90	2.87%	1.72%	2.81%	0.38%	1.52%	4.45
100	2.07%	1.14%	1.86%	0.22%	0.88%	4.15
110	2.18%	1.09%	1.78%	0.24%	0.93%	4.16
120	1.88%	1.00%	1.63%	0.19%	0.73%	4.01
130	2.30%	1.30%	2.12%	0.12%	0.49%	3.93
140	1.80%	0.85%	1.39%	0.10%	0.39%	3.56
150	1.54%	0.82%	1.33%	0.16%	0.64%	3.99
160	1.64%	0.94%	1.53%	0.40%	1.56%	4.90
170	1.54%	0.78%	1.27%	0.24%	0.93%	4.26
180	1.46%	0.79%	1.29%	0.32%	1.27%	4.81
190	3.02%	2.42%	3.94%	1.18%	4.64%	6.97
200	6.34%	5.49%	8.94%	3.59%	14.17%	8.07
210	8.30%	7.33%	11.95%	4.94%	19.50%	9.41
220	6.85%	5.87%	9.57%	3.83%	15.10%	8.43
230	5.00%	3.96%	6.46%	2.39%	9.43%	7.81
240	3.27%	1.93%	3.15%	0.68%	2.69%	4.75
250	3.36%	1.98%	3.23%	0.66%	2.59%	4.95
260	3.96%	2.24%	3.65%	0.83%	3.27%	5.06
270	4.11%	2.61%	4.26%	1.13%	4.45%	5.65
280	4.62%	2.48%	4.04%	0.94%	3.71%	4.85
290	5.09%	2.68%	4.36%	0.72%	2.83%	4.51
300	4.58%	1.90%	3.09%	0.51%	2.00%	3.85
310	2.85%	1.13%	1.84%	0.36%	1.42%	3.84
320	2.21%	0.81%	1.31%	0.20%	0.78%	3.51
330	1.08%	0.37%	0.61%	0.09%	0.34%	3.34
340	0.94%	0.41%	0.67%	0.09%	0.34%	3.78
350	0.50%	0.22%	0.36%	0.02%	0.10%	3.59
clk	100%	**61.39%**	100%	**25.35%**	100%	**5.49**



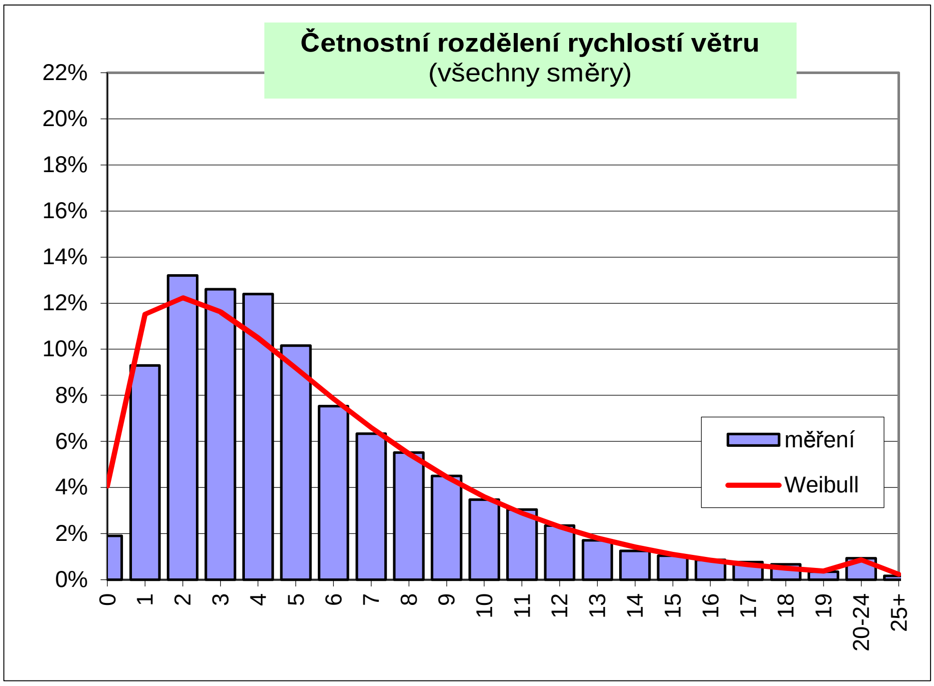




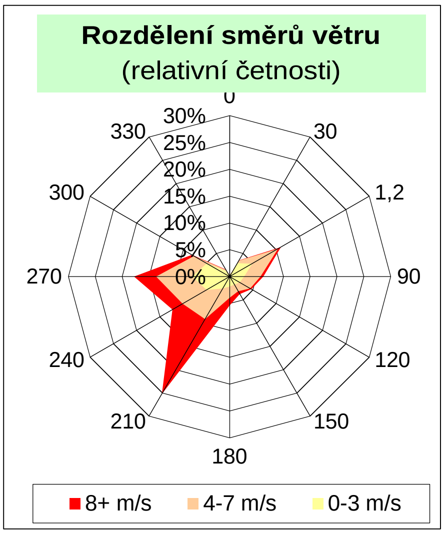
Příloha 10a: **Prodloužení měření na stanici J.G.Mednela podle Johnson Mesa**

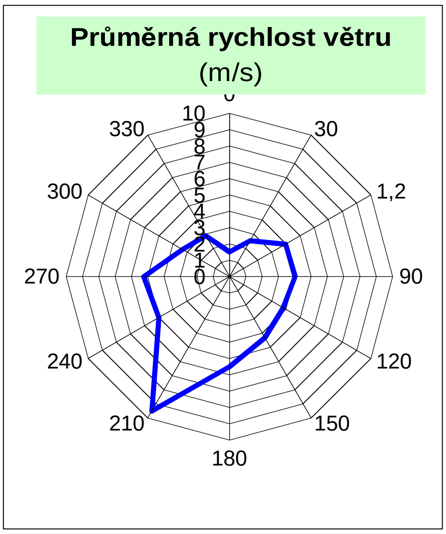
02.2008, 01.-02.2009, 01.-02.2010, 01.-02.2011 ***metoda 3***

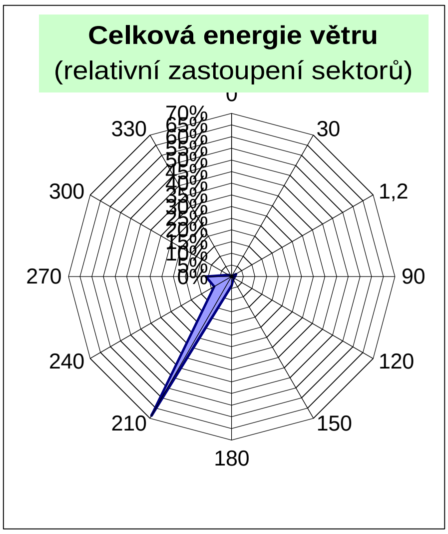
rychlost větru [m/s]	relativní četnost měření	relativní četnost Weibull
0	1.90%	4.07%
1	9.29%	11.53%
2	13.21%	12.23%
3	12.61%	11.62%
4	12.40%	10.50%
5	10.16%	9.18%
6	7.53%	7.85%
7	6.33%	6.59%
8	5.51%	5.46%
9	4.50%	4.46%
10	3.47%	3.60%
11	3.04%	2.88%
12	2.34%	2.29%
13	1.71%	1.80%
14	1.25%	1.41%
15	1.04%	1.09%
16	0.85%	0.84%
17	0.76%	0.65%
18	0.67%	0.49%
19	0.35%	0.37%
20-24	0.93%	0.85%
25+	0.16%	0.23%
celkem	100.00%	100.00%



směr větru [°]	relativní četnost: všechny termíny	termíny ≥ 3.5 m/s: z celku	termíny ≥ 3.5 m/s: součet 100%	termíny ≥ 7.5 m/s: z celku	termíny ≥ 7.5 m/s: součet 100%	prům. rychlost [m/s]	Weibull A [m/s]	Weibull k	hustota výkonu [W/m^2]	energie větru za rok [kWh/m^2/rok]	energie větru relativně
0	0.27%	0.01%	0.02%	0.00%	0.00%	1.52	1.9	1.61	8	0	0.01%
30	3.56%	0.66%	1.04%	0.07%	0.28%	2.54	2.8	1.58	23	7	0.22%
1,2	11.01%	6.21%	9.85%	0.63%	2.38%	3.98	4.6	2.16	72	70	2.15%
90	6.26%	3.54%	5.62%	0.52%	1.96%	4.02	4.5	1.87	83	46	1.41%
120	4.67%	2.51%	3.99%	0.24%	0.89%	3.81	4.4	2.06	66	27	0.83%
150	3.78%	2.09%	3.32%	0.64%	2.42%	4.32	4.9	1.54	138	46	1.41%
180	5.34%	3.49%	5.55%	1.42%	5.36%	5.51	6.2	1.58	266	124	3.83%
210	25.25%	22.70%	36.03%	16.11%	60.61%	9.50	10.5	1.91	1007	2228	68.73%
240	12.30%	7.33%	11.64%	2.22%	8.34%	4.99	5.0	1.19	260	280	8.63%
270	17.83%	10.86%	17.25%	4.11%	15.48%	5.25	5.7	1.49	228	357	11.01%
300	8.14%	3.17%	5.03%	0.47%	1.77%	3.33	3.7	1.39	70	50	1.54%
330	1.60%	0.41%	0.65%	0.14%	0.51%	2.90	2.5	1.01	53	7	0.23%
celkem	100%	**63.00%**	100.00%	**26.57%**	100.00%	**5.69**	**6.0**	**1.28**	**370**	**3241**	100.00%



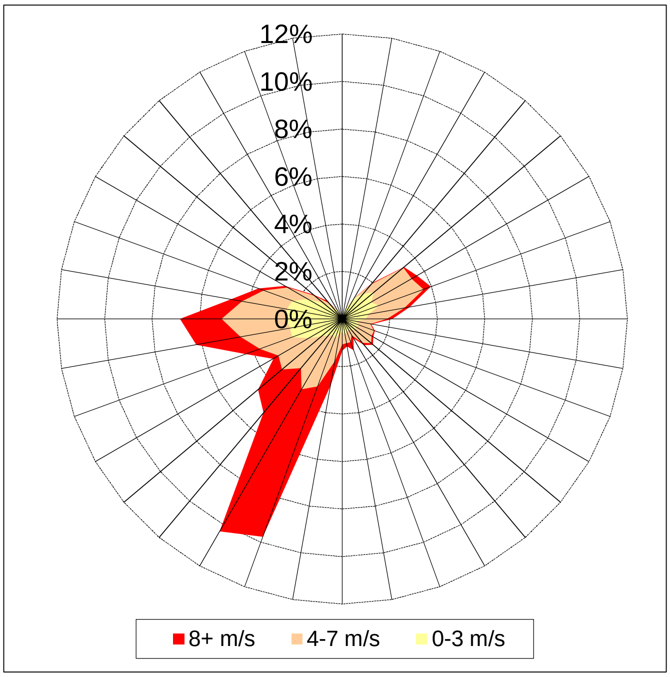


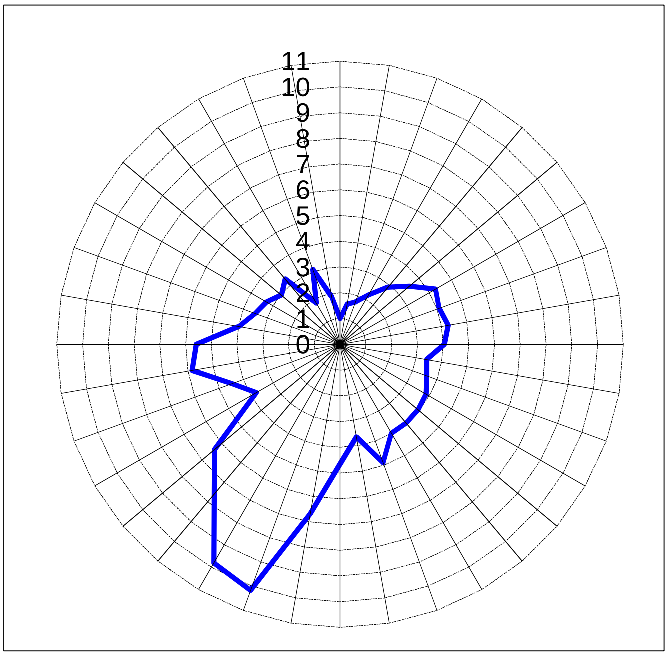


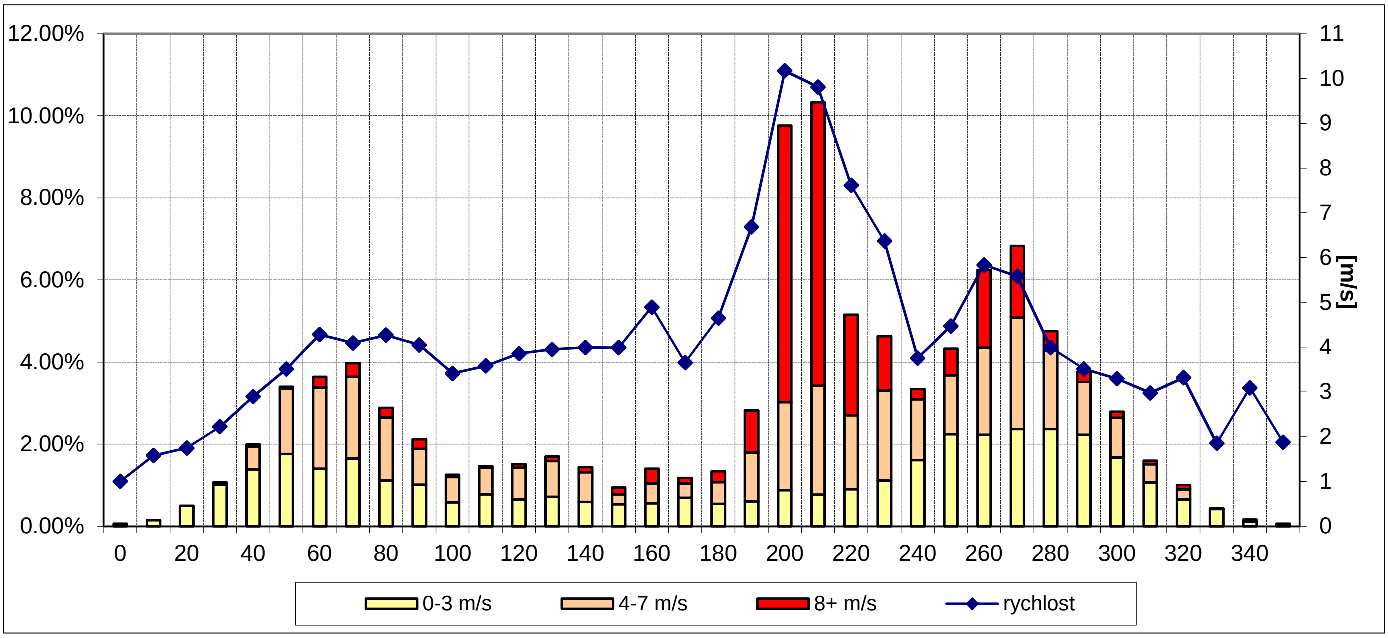
Příloha 10b: **Prodloužení měření na stanici J.G.Mednela podle Johnson Mesa - podr.směry**

02.2008, 01.-02.2009, 01.-02.2010, 01.-02.2011 ***metoda 3***

dd [°]	relativní četnost					prům. rychlost [m/s]
	vše termíny	termíny ≥ 3.5 m/s z celku	termíny ≥ 3.5 m/s součet 100%	termíny ≥ 7.5 m/s z celku	termíny ≥ 7.5 m/s součet 100%	
0	0.06%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	1.00
10	0.15%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	1.58
20	0.50%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	1.75
30	1.07%	0.05%	0.08%	0.01%	0.05%	2.22
40	1.99%	0.61%	0.96%	0.06%	0.23%	2.90
50	3.39%	1.64%	2.60%	0.04%	0.14%	3.51
60	3.64%	2.24%	3.56%	0.26%	0.98%	4.28
70	3.98%	2.33%	3.70%	0.33%	1.26%	4.09
80	2.89%	1.77%	2.81%	0.24%	0.89%	4.27
90	2.12%	1.10%	1.75%	0.24%	0.89%	4.05
100	1.25%	0.67%	1.06%	0.05%	0.19%	3.42
110	1.46%	0.68%	1.08%	0.04%	0.14%	3.58
120	1.51%	0.85%	1.36%	0.09%	0.33%	3.86
130	1.70%	0.98%	1.55%	0.11%	0.42%	3.95
140	1.44%	0.84%	1.34%	0.12%	0.47%	3.99
150	0.94%	0.41%	0.65%	0.16%	0.61%	3.99
160	1.40%	0.84%	1.34%	0.36%	1.35%	4.89
170	1.18%	0.48%	0.77%	0.14%	0.51%	3.66
180	1.34%	0.79%	1.26%	0.26%	0.98%	4.65
190	2.82%	2.22%	3.52%	1.03%	3.87%	6.69
200	9.76%	8.88%	14.10%	6.74%	25.36%	10.17
210	10.33%	9.56%	15.18%	6.91%	26.01%	9.81
220	5.15%	4.25%	6.75%	2.45%	9.23%	7.61
230	4.63%	3.52%	5.59%	1.33%	4.99%	6.37
240	3.34%	1.73%	2.75%	0.25%	0.93%	3.76
250	4.32%	2.08%	3.30%	0.64%	2.42%	4.47
260	6.24%	4.01%	6.37%	1.90%	7.13%	5.84
270	6.83%	4.46%	7.08%	1.75%	6.57%	5.58
280	4.76%	2.39%	3.80%	0.47%	1.77%	3.99
290	3.75%	1.52%	2.42%	0.24%	0.89%	3.51
300	2.79%	1.11%	1.77%	0.15%	0.56%	3.29
310	1.60%	0.53%	0.85%	0.09%	0.33%	2.98
320	1.00%	0.35%	0.55%	0.11%	0.42%	3.32
330	0.43%	0.01%	0.02%	0.01%	0.05%	1.85
340	0.16%	0.05%	0.08%	0.01%	0.05%	3.09
350	0.06%	0.01%	0.02%	0.00%	0.00%	1.87
clk	100%	**63.00%**	100%	**26.57%**	100%	**5.69**



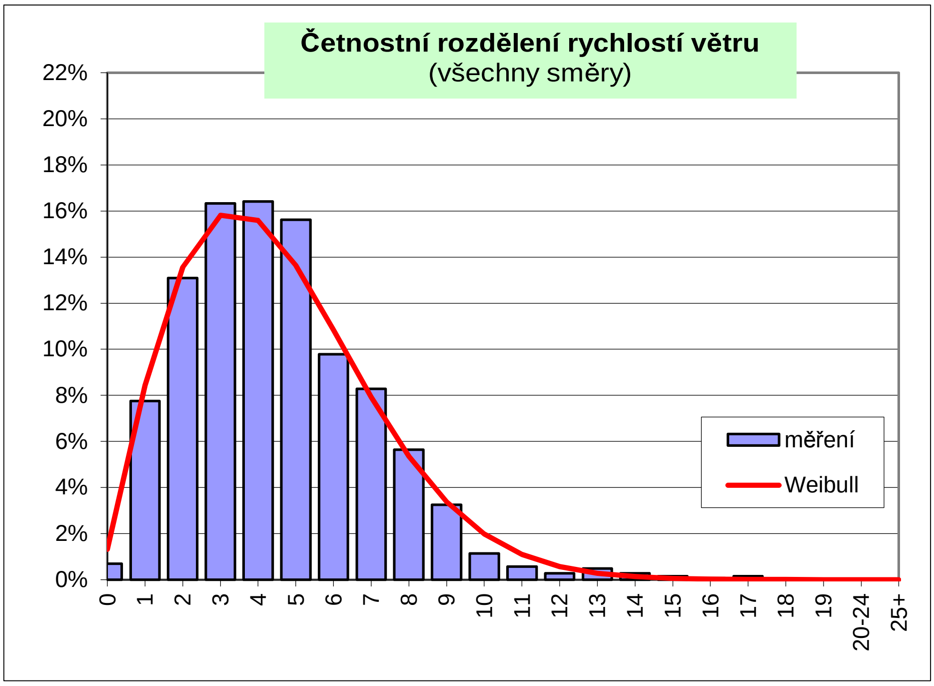




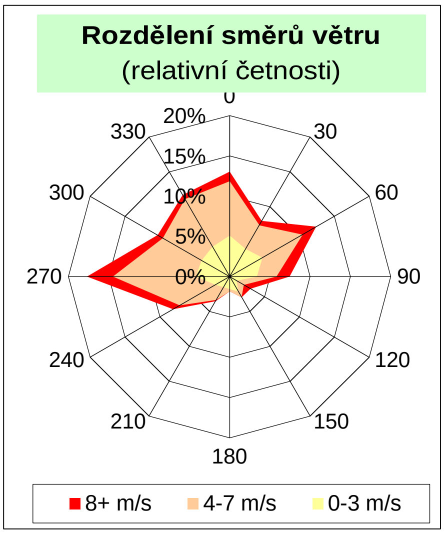
Příloha 11a: **Modelový vítr reanalýz NCEP/NCAR na hladině 1000 hPA**

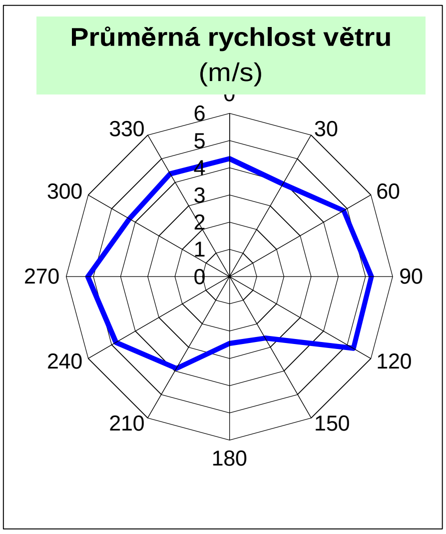
02.2008, 01-02.2009, 01-02.2010

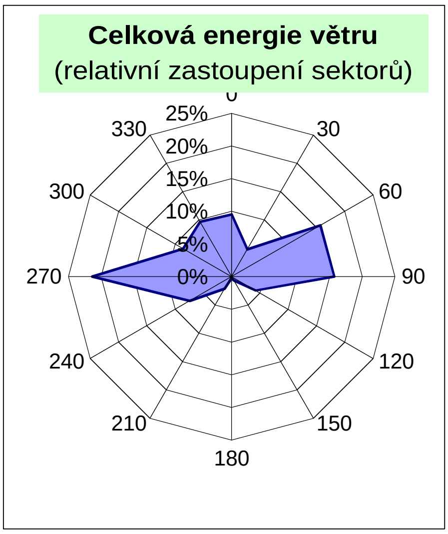
rychlost větru [m/s]	relativní četnost – měření	relativní četnost – Weibull
0	0.69%	1.32%
1	7.76%	8.44%
2	13.10%	13.56%
3	16.33%	15.81%
4	16.42%	15.59%
5	15.63%	13.64%
6	9.78%	10.84%
7	8.29%	7.91%
8	5.64%	5.36%
9	3.25%	3.37%
10	1.14%	1.99%
11	0.56%	1.10%
12	0.28%	0.57%
13	0.48%	0.28%
14	0.28%	0.13%
15	0.15%	0.06%
16	0.07%	0.02%
17	0.15%	0.01%
18	0.00%	0.00%
19	0.00%	0.00%
20-24	0.00%	0.00%
25+	0.00%	0.00%
celkem	100.00%	100.00%



směr větru [°]	relativní četnost – všechny termíny	termíny ≥ 3.5 m/s – z celku	termíny ≥ 3.5 m/s – součet 100%	termíny ≥ 7.5 m/s – z celku	termíny ≥ 7.5 m/s – součet 100%	prům. rychlost [m/s]	Weibull A [m/s]	Weibull k	hustota výkonu [W/m²]	energie větru za rok [kWh/m²/rok]	energie větru relativně
0	13.06%	7.97%	12.83%	1.23%	10.23%	4.33	4.9	2.20	87	100	9.52%
30	7.98%	4.03%	6.48%	0.61%	5.07%	3.93	4.2	1.76	72	50	4.81%
60	12.41%	7.71%	12.42%	1.95%	16.28%	4.85	5.4	1.78	151	164	15.69%
90	7.44%	4.04%	6.50%	1.62%	13.45%	5.22	5.9	1.50	253	165	15.72%
120	2.97%	1.98%	3.18%	0.92%	7.70%	5.26	6.2	2.26	170	44	4.23%
150	2.95%	0.81%	1.30%	0.00%	0.00%	2.61	2.7	1.44	27	7	0.67%
180	1.83%	0.28%	0.45%	0.00%	0.00%	2.46	2.8	2.76	13	2	0.20%
210	3.51%	1.99%	3.20%	0.18%	1.46%	3.89	4.6	2.20	72	22	2.12%
240	8.12%	6.11%	9.83%	0.99%	8.28%	4.82	5.6	2.93	109	78	7.42%
270	17.70%	13.48%	21.70%	3.18%	26.51%	5.21	5.8	2.16	144	224	21.35%
300	10.33%	6.32%	10.17%	0.75%	6.24%	4.24	4.9	1.94	99	90	8.57%
330	11.69%	7.41%	11.93%	0.57%	4.78%	4.36	5.0	2.00	99	102	9.70%
celkem	100%	**62.13%**	100.00%	**12.01%**	100.00%	**4.55**	**5.1**	**1.86**	**119**	**1048**	100.00%



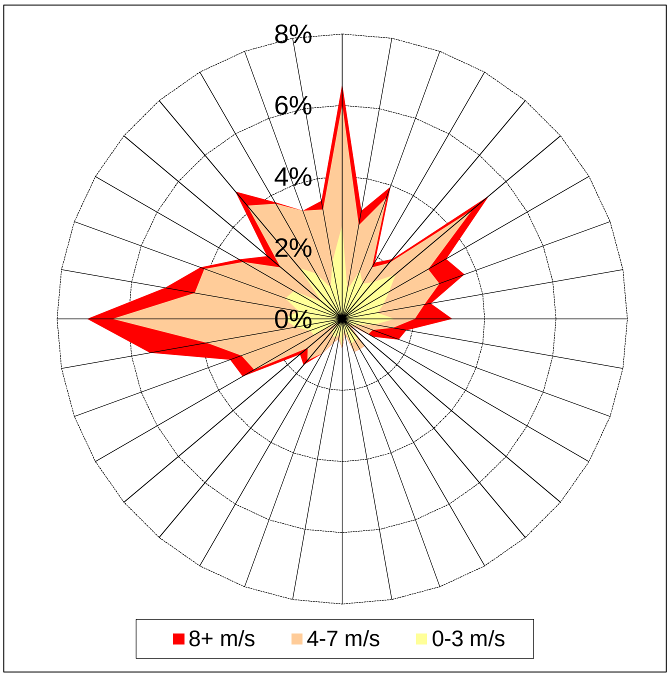


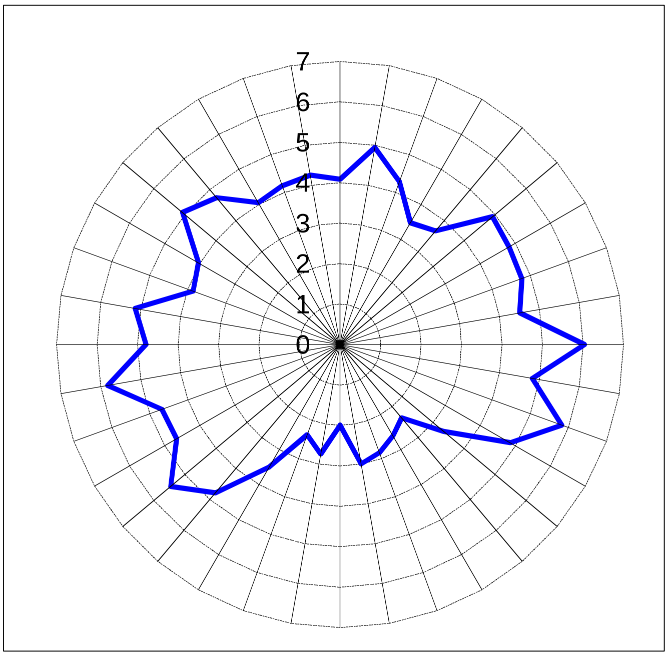


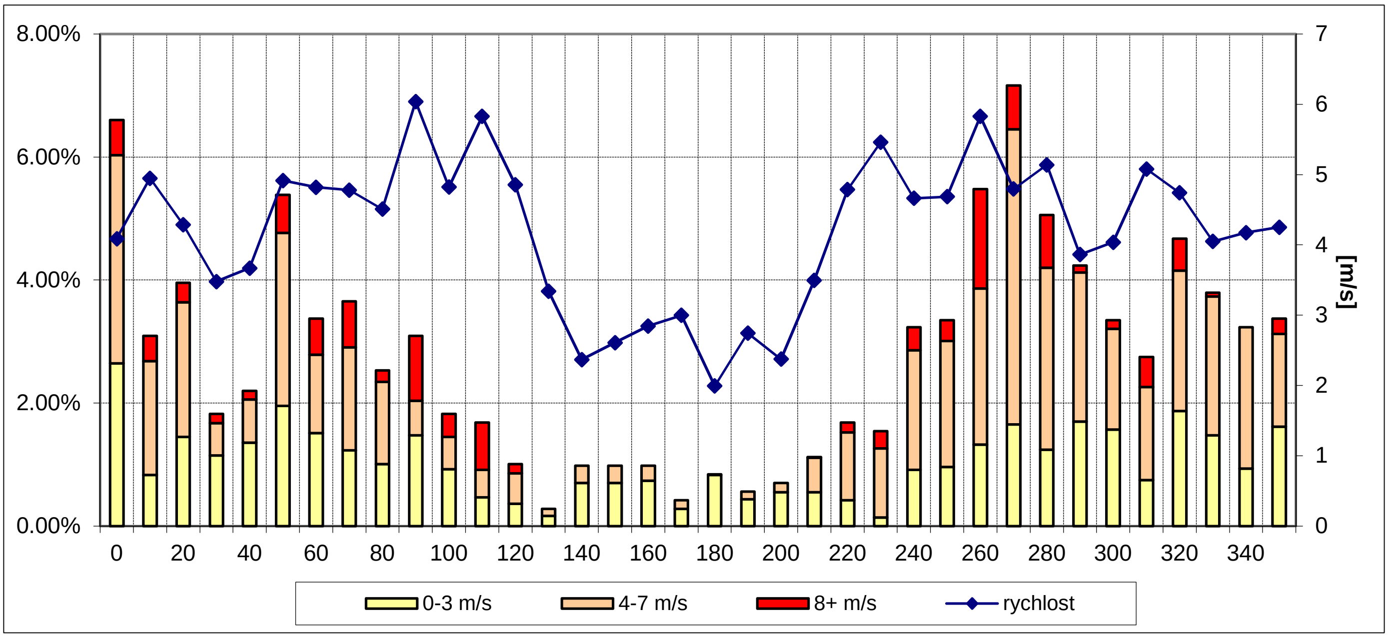
Příloha 11b: **Modelový vítr reanalýz NCEP/NCAR na hladině 1000 hPa - podr.směry**

02.2008 - 02.2010 (doba měření na Johnson Mesa)

dd [°]	relativní četnost					prům. rychlost [m/s]
	vše termíny	termíny ≥ 3.5 m/s z celku	termíny ≥ 3.5 m/s součet 100%	termíny ≥ 7.5 m/s z celku	termíny ≥ 7.5 m/s součet 100%	
0	6.60%	3.96%	6.37%	0.57%	4.78%	4.09
10	3.09%	2.26%	3.64%	0.41%	3.41%	4.95
20	3.96%	2.50%	4.03%	0.32%	2.63%	4.29
30	1.83%	0.68%	1.09%	0.15%	1.27%	3.48
40	2.20%	0.84%	1.36%	0.14%	1.17%	3.67
50	5.38%	3.43%	5.52%	0.62%	5.17%	4.92
60	3.37%	1.86%	3.00%	0.59%	4.87%	4.82
70	3.65%	2.42%	3.90%	0.75%	6.24%	4.78
80	2.53%	1.52%	2.45%	0.19%	1.56%	4.51
90	3.09%	1.62%	2.60%	1.05%	8.77%	6.04
100	1.83%	0.90%	1.45%	0.37%	3.12%	4.82
110	1.69%	1.22%	1.96%	0.77%	6.43%	5.83
120	1.01%	0.64%	1.04%	0.15%	1.27%	4.85
130	0.28%	0.12%	0.19%	0.00%	0.00%	3.34
140	0.98%	0.28%	0.45%	0.00%	0.00%	2.37
150	0.98%	0.28%	0.45%	0.00%	0.00%	2.61
160	0.98%	0.25%	0.40%	0.00%	0.00%	2.85
170	0.42%	0.14%	0.23%	0.00%	0.00%	3.00
180	0.84%	0.01%	0.02%	0.00%	0.00%	1.99
190	0.56%	0.13%	0.21%	0.00%	0.00%	2.75
200	0.70%	0.15%	0.24%	0.00%	0.00%	2.37
210	1.12%	0.57%	0.92%	0.01%	0.10%	3.50
220	1.69%	1.26%	2.03%	0.16%	1.36%	4.79
230	1.54%	1.40%	2.26%	0.28%	2.34%	5.46
240	3.23%	2.32%	3.73%	0.37%	3.12%	4.66
250	3.35%	2.39%	3.84%	0.34%	2.83%	4.68
260	5.48%	4.15%	6.69%	1.62%	13.45%	5.83
270	7.16%	5.51%	8.87%	0.71%	5.95%	4.79
280	5.06%	3.82%	6.14%	0.85%	7.12%	5.14
290	4.24%	2.54%	4.09%	0.12%	0.97%	3.86
300	3.35%	1.78%	2.86%	0.14%	1.17%	4.04
310	2.75%	2.00%	3.22%	0.49%	4.09%	5.08
320	4.67%	2.80%	4.50%	0.51%	4.29%	4.74
330	3.79%	2.32%	3.73%	0.06%	0.49%	4.05
340	3.23%	2.29%	3.69%	0.00%	0.00%	4.17
350	3.37%	1.76%	2.83%	0.25%	2.05%	4.25
clk	100%	**62.13%**	100%	**12.01%**	100%	**4.55**



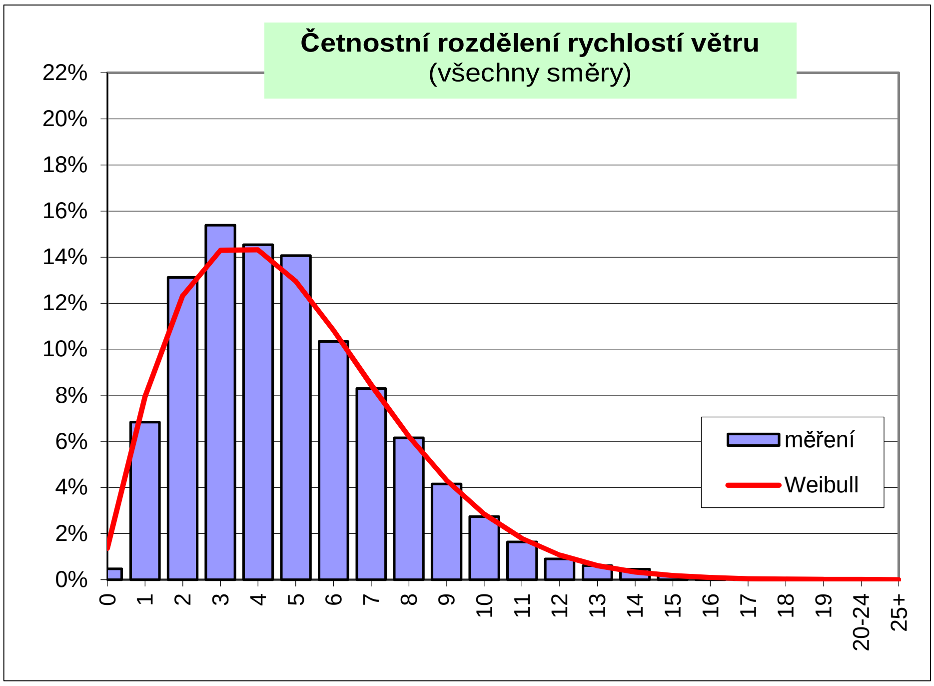




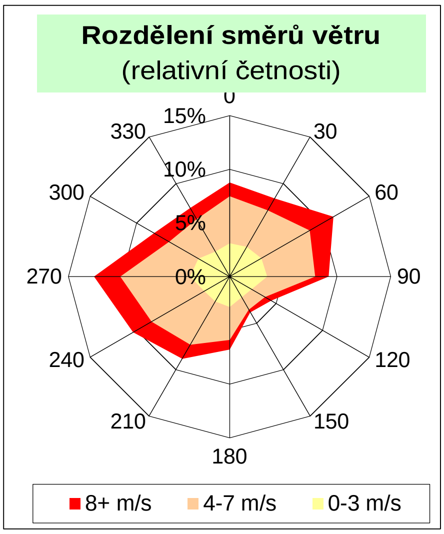
Příloha 12a: **Modelový vítr reanalýz NCEP/NCAR na hladině 1000 hPa**

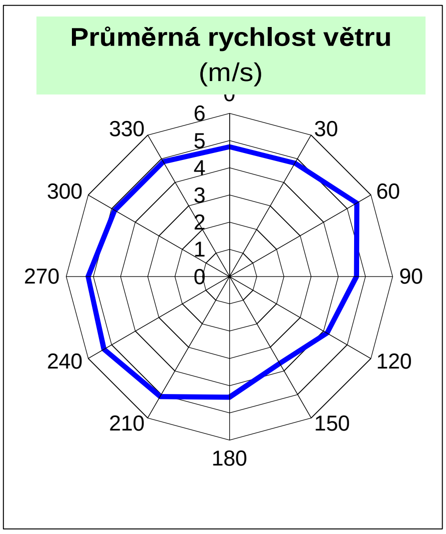
leden-únor v letech 1994-2010

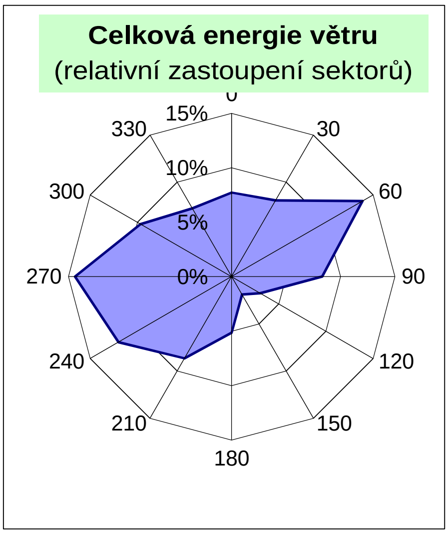
rychlost větru [m/s]	relativní četnost: měření	relativní četnost: Weibull
0	0.46%	1.36%
1	6.83%	7.95%
2	13.12%	12.33%
3	15.38%	14.30%
4	14.53%	14.32%
5	14.06%	12.96%
6	10.34%	10.83%
7	8.30%	8.45%
8	6.15%	6.21%
9	4.16%	4.31%
10	2.74%	2.84%
11	1.64%	1.79%
12	0.90%	1.07%
13	0.61%	0.61%
14	0.45%	0.34%
15	0.19%	0.18%
16	0.06%	0.09%
17	0.06%	0.04%
18	0.02%	0.02%
19	0.00%	0.01%
20-24	0.00%	0.01%
25+	0.00%	0.00%
celkem	100.00%	100.00%



směr větru [°]	relativní četnost: všechny termíny	termíny ≥ 3.5 m/s: z celku	termíny ≥ 3.5 m/s: součet 100%	termíny ≥ 7.5 m/s: z celku	termíny ≥ 7.5 m/s: součet 100%	prům. rychlost [m/s]	Weibull: A [m/s]	Weibull: k	hustota výkonu [W/m^2]	energie větru: za rok [kWh/m^2/rok]	energie větru: relativně
0	8.76%	5.64%	8.78%	1.26%	7.41%	4.77	5.4	1.90	134	103	7.72%
30	8.41%	5.21%	8.12%	1.28%	7.53%	4.81	5.2	1.68	146	108	8.08%
60	11.17%	7.75%	12.07%	2.57%	15.14%	5.41	6.1	1.96	189	185	13.89%
90	9.21%	5.71%	8.89%	1.24%	7.31%	4.67	5.3	1.81	137	111	8.30%
120	4.48%	2.13%	3.31%	0.69%	4.05%	4.14	4.3	1.44	103	41	3.04%
150	3.84%	1.60%	2.49%	0.29%	1.68%	3.68	3.9	1.46	75	25	1.89%
180	6.79%	3.98%	6.19%	0.91%	5.39%	4.43	5.0	1.85	115	69	5.14%
210	8.83%	6.15%	9.58%	1.51%	8.87%	5.08	5.7	2.08	149	116	8.66%
240	10.37%	7.66%	11.93%	1.97%	11.63%	5.33	6.0	2.01	176	160	12.01%
270	12.64%	8.93%	13.91%	2.46%	14.48%	5.20	5.7	1.77	173	192	14.38%
300	8.11%	4.75%	7.40%	1.60%	9.41%	4.87	5.2	1.48	181	129	9.66%
330	7.39%	4.70%	7.31%	1.21%	7.12%	4.87	5.3	1.70	149	97	7.24%
celkem	100%	**64.21%**	100.00%	**16.98%**	100.00%	**4.90**	**5.5**	**1.79**	**152**	**1335**	100.00%



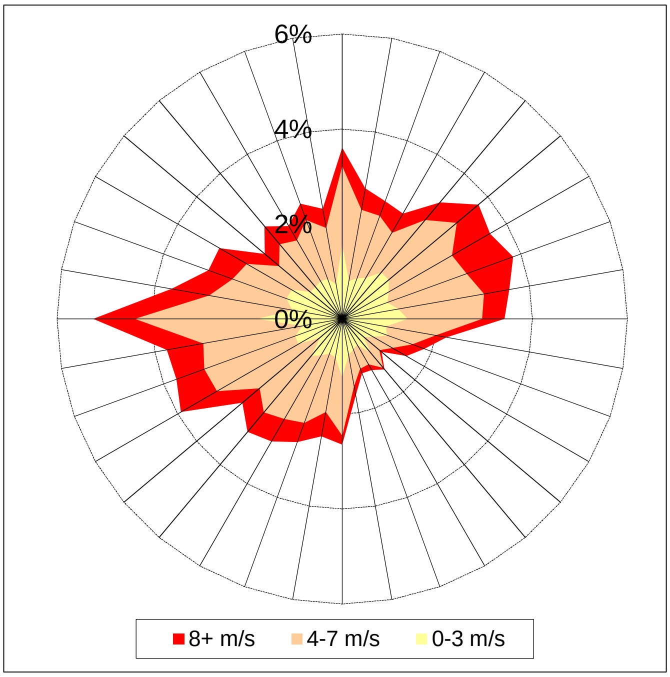


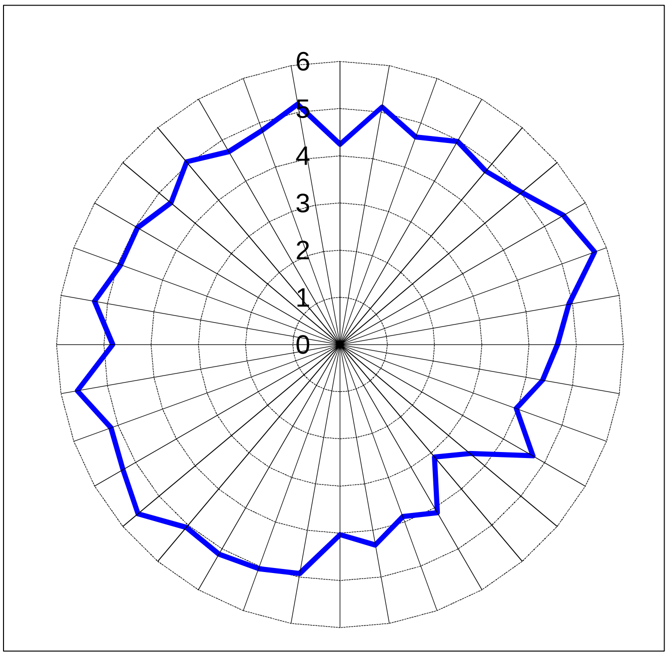


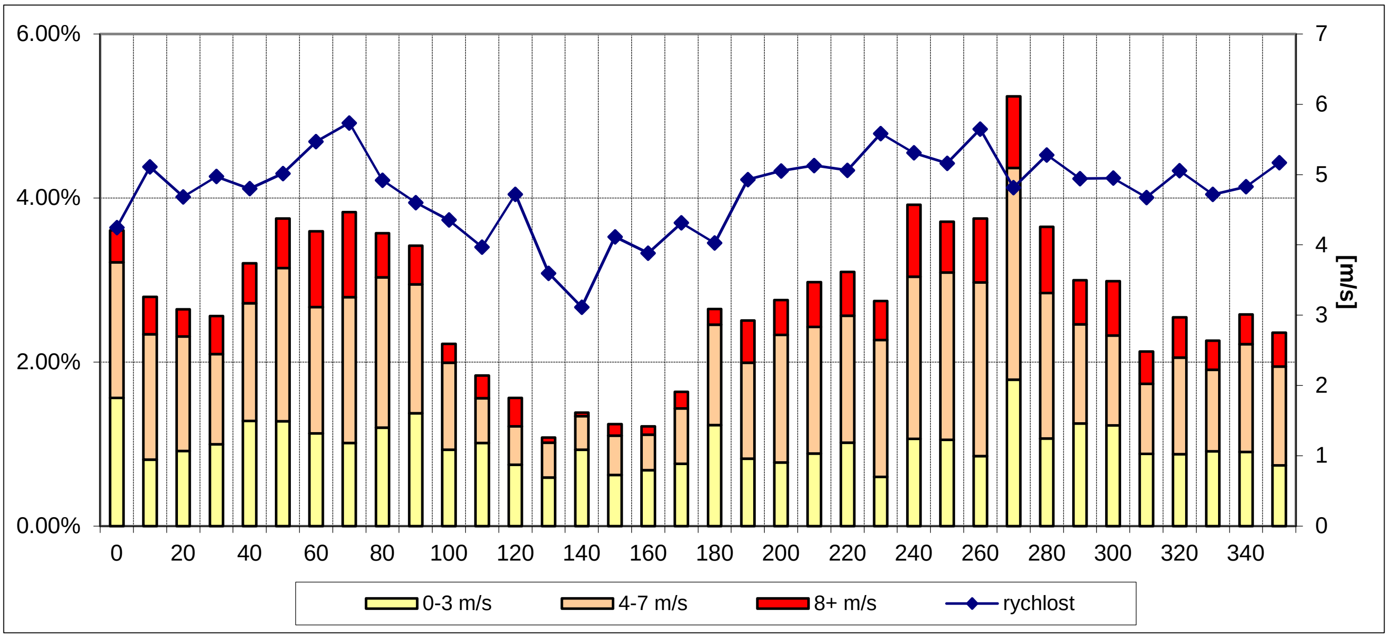
Příloha 12b: **Modelový vítr reanalýz NCEP/NCAR na hladině 1000 hPa - podr.směry**

leden-únor v letech 1994-2010

dd [°]	relativní četnost					prům. rychlost [m/s]
	vše termíny	termíny ≥ 3.5 m/s		termíny ≥ 7.5 m/s		
		z celku	součet 100%	z celku	součet 100%	
0	3.60%	2.04%	3.18%	0.39%	2.29%	4.24
10	2.79%	1.98%	3.09%	0.46%	2.68%	5.11
20	2.64%	1.73%	2.69%	0.33%	1.95%	4.68
30	2.56%	1.56%	2.44%	0.46%	2.73%	4.97
40	3.20%	1.92%	2.99%	0.48%	2.85%	4.80
50	3.75%	2.47%	3.85%	0.60%	3.56%	5.01
60	3.60%	2.47%	3.84%	0.93%	5.46%	5.47
70	3.83%	2.81%	4.38%	1.04%	6.12%	5.73
80	3.57%	2.37%	3.69%	0.54%	3.17%	4.92
90	3.42%	2.04%	3.18%	0.47%	2.78%	4.60
100	2.22%	1.29%	2.01%	0.23%	1.36%	4.35
110	1.84%	0.82%	1.28%	0.28%	1.63%	3.97
120	1.56%	0.82%	1.27%	0.35%	2.05%	4.72
130	1.08%	0.49%	0.76%	0.06%	0.37%	3.60
140	1.38%	0.45%	0.70%	0.04%	0.24%	3.11
150	1.24%	0.62%	0.96%	0.14%	0.83%	4.12
160	1.22%	0.53%	0.83%	0.10%	0.61%	3.88
170	1.64%	0.88%	1.37%	0.20%	1.19%	4.31
180	2.65%	1.42%	2.20%	0.19%	1.15%	4.03
190	2.51%	1.68%	2.62%	0.52%	3.05%	4.93
200	2.76%	1.98%	3.09%	0.43%	2.51%	5.05
210	2.98%	2.09%	3.25%	0.55%	3.22%	5.13
220	3.10%	2.08%	3.24%	0.53%	3.14%	5.06
230	2.74%	2.14%	3.34%	0.48%	2.80%	5.58
240	3.92%	2.86%	4.45%	0.88%	5.17%	5.31
250	3.71%	2.66%	4.14%	0.62%	3.66%	5.16
260	3.75%	2.90%	4.51%	0.78%	4.58%	5.65
270	5.24%	3.46%	5.38%	0.87%	5.14%	4.81
280	3.65%	2.58%	4.02%	0.81%	4.75%	5.28
290	3.00%	1.75%	2.72%	0.54%	3.17%	4.94
300	2.99%	1.76%	2.74%	0.67%	3.92%	4.95
310	2.13%	1.25%	1.94%	0.39%	2.32%	4.67
320	2.54%	1.67%	2.60%	0.49%	2.90%	5.05
330	2.26%	1.35%	2.10%	0.35%	2.07%	4.72
340	2.58%	1.68%	2.62%	0.36%	2.14%	4.83
350	2.36%	1.62%	2.52%	0.41%	2.44%	5.17
clk	100%	**64.21%**	100%	**16.98%**	100%	**4.90**







Příloha 13a: **Porovnání rychlostí větruv závislosti na směru na Johnson Mesa**

02.2008 - 02.2010 po odstranění dat zřejmě postižených námrazou

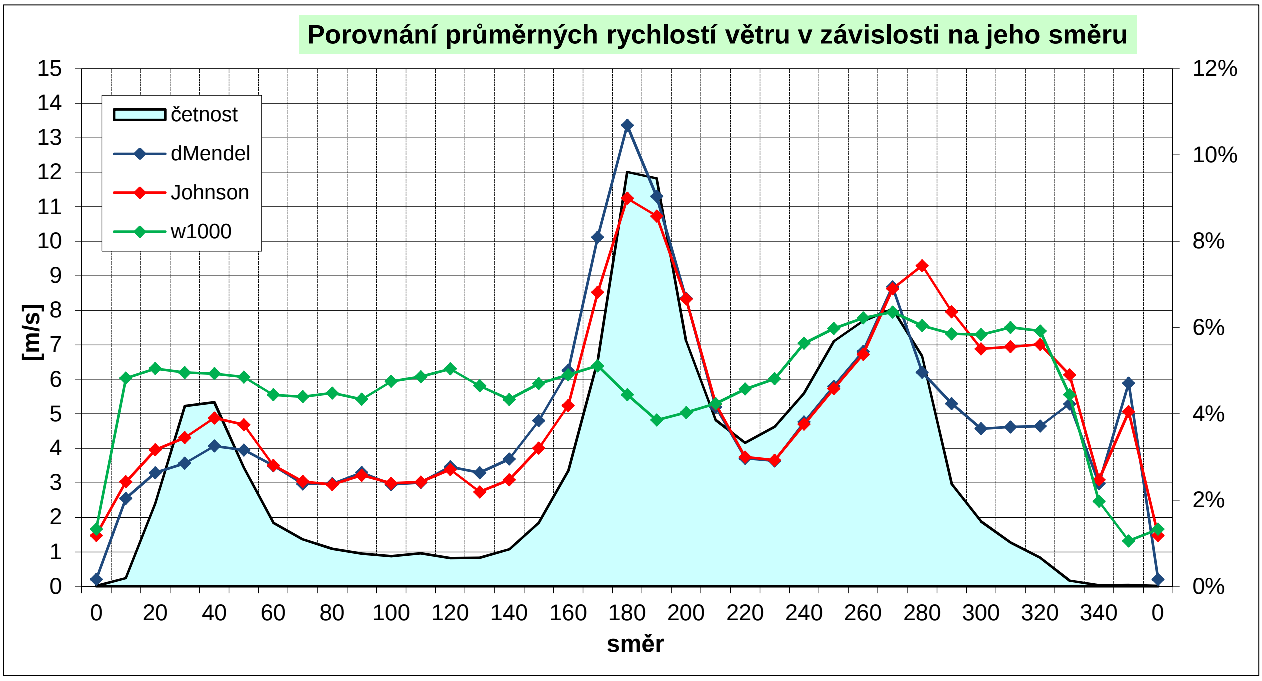
směr [°] (Johnson)	průměrná rychlost větru [m/s]		
	dMendel	Johnson	w1000
0	0.20	1.48	1.65
10	2.55	3.03	6.03
20	3.29	3.96	6.31
30	3.57	4.31	6.19
40	4.07	4.88	6.16
50	3.95	4.69	6.06
60	3.50	3.51	5.55
70	2.97	3.04	5.50
80	2.97	2.95	5.60
90	3.30	3.22	5.42
100	2.95	2.99	5.94
110	3.01	3.03	6.07
120	3.46	3.39	6.30
130	3.29	2.74	5.81
140	3.69	3.08	5.42
150	4.80	4.00	5.87
160	6.26	5.24	6.13
170	10.12	8.52	6.39
180	13.36	11.25	5.55
190	11.30	10.73	4.82
200	8.34	8.33	5.04
210	5.19	5.28	5.29
220	3.71	3.75	5.72
230	3.64	3.66	6.01
240	4.76	4.70	7.05
250	5.79	5.73	7.47
260	6.80	6.72	7.78
270	8.68	8.62	7.95
280	6.20	9.29	7.55
290	5.29	7.96	7.32
300	4.57	6.88	7.29
310	4.62	6.94	7.50
320	4.64	7.01	7.40
330	5.29	6.13	5.55
340	2.98	3.09	2.46
350	5.89	5.06	1.32
průměr	**6.94**	**6.94**	**6.30**

zahrnuje pouze termíny společné pro všechny senzory rychlosti větru

dMendel - doplněná řada měření na stanici J.G.Mendela

Johnson - měření na Johnson Mesa

w1000 - rychlost větru na hladině 1000 dle reanalýz NCEP/NCAR



Příloha 13b: **Porovnání rychlostí větruv závislosti na směru dle reanalýz (vítr 1000 hPa)**

02.2008, 01-02.2009, 01-02.2010

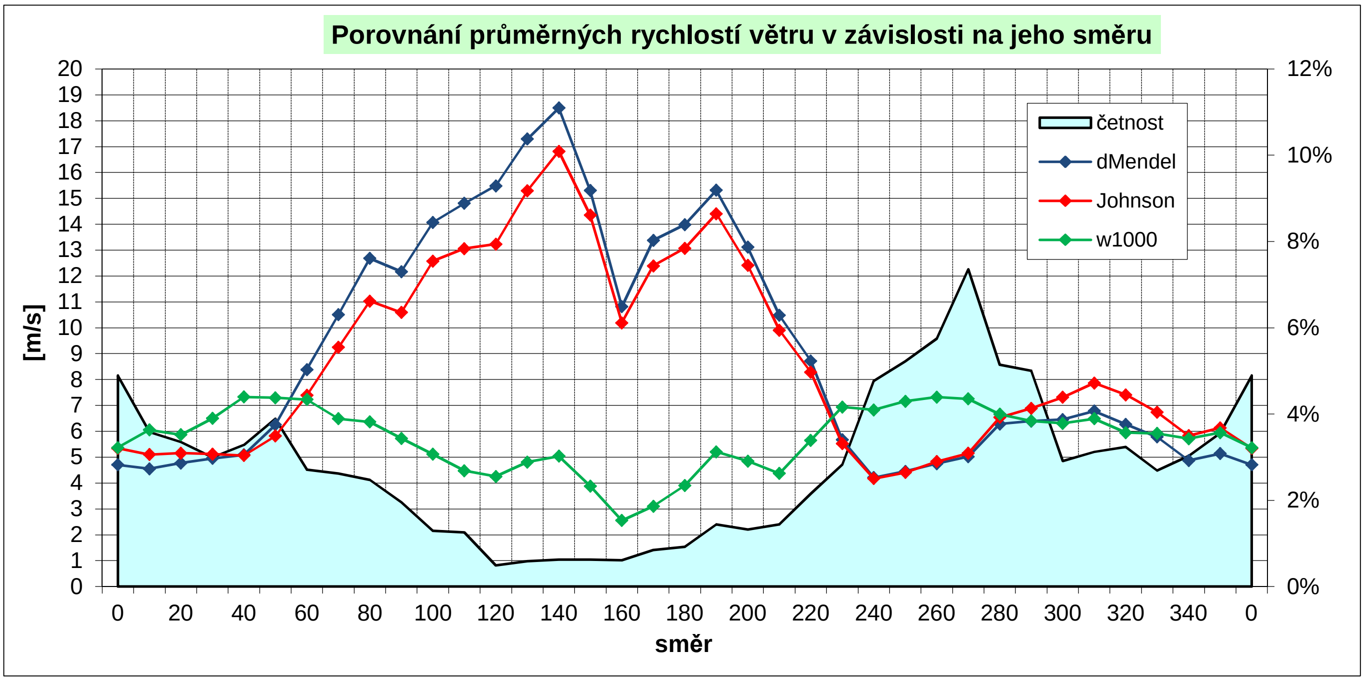
směr [°] (w1000)	průměrná rychlost větru [m/s]		
	dMendel	Johnson	w1000
0	4.71	5.34	5.37
10	4.55	5.10	6.06
20	4.77	5.16	5.87
30	4.95	5.12	6.50
40	5.09	5.07	7.33
50	6.25	5.82	7.30
60	8.39	7.39	7.23
70	10.51	9.24	6.49
80	12.68	11.03	6.36
90	12.17	10.59	5.72
100	14.07	12.58	5.11
110	14.81	13.06	4.48
120	15.48	13.23	4.25
130	17.30	15.29	4.81
140	18.50	16.82	5.04
150	15.31	14.35	3.88
160	10.82	10.19	2.56
170	13.38	12.39	3.11
180	13.99	13.07	3.91
190	15.32	14.41	5.21
200	13.12	12.41	4.85
210	10.48	9.90	4.37
220	8.72	8.29	5.65
230	5.67	5.53	6.94
240	4.21	4.18	6.82
250	4.46	4.41	7.16
260	4.75	4.83	7.32
270	5.02	5.15	7.25
280	6.28	6.54	6.66
290	6.40	6.89	6.40
300	6.45	7.32	6.31
310	6.78	7.87	6.49
320	6.27	7.41	5.95
330	5.78	6.73	5.92
340	4.87	5.83	5.71
350	5.14	6.13	5.95
průměr	**6.94**	**6.94**	**6.30**

zahrnuje pouze termíny společné pro všechny senzory rychlosti větru

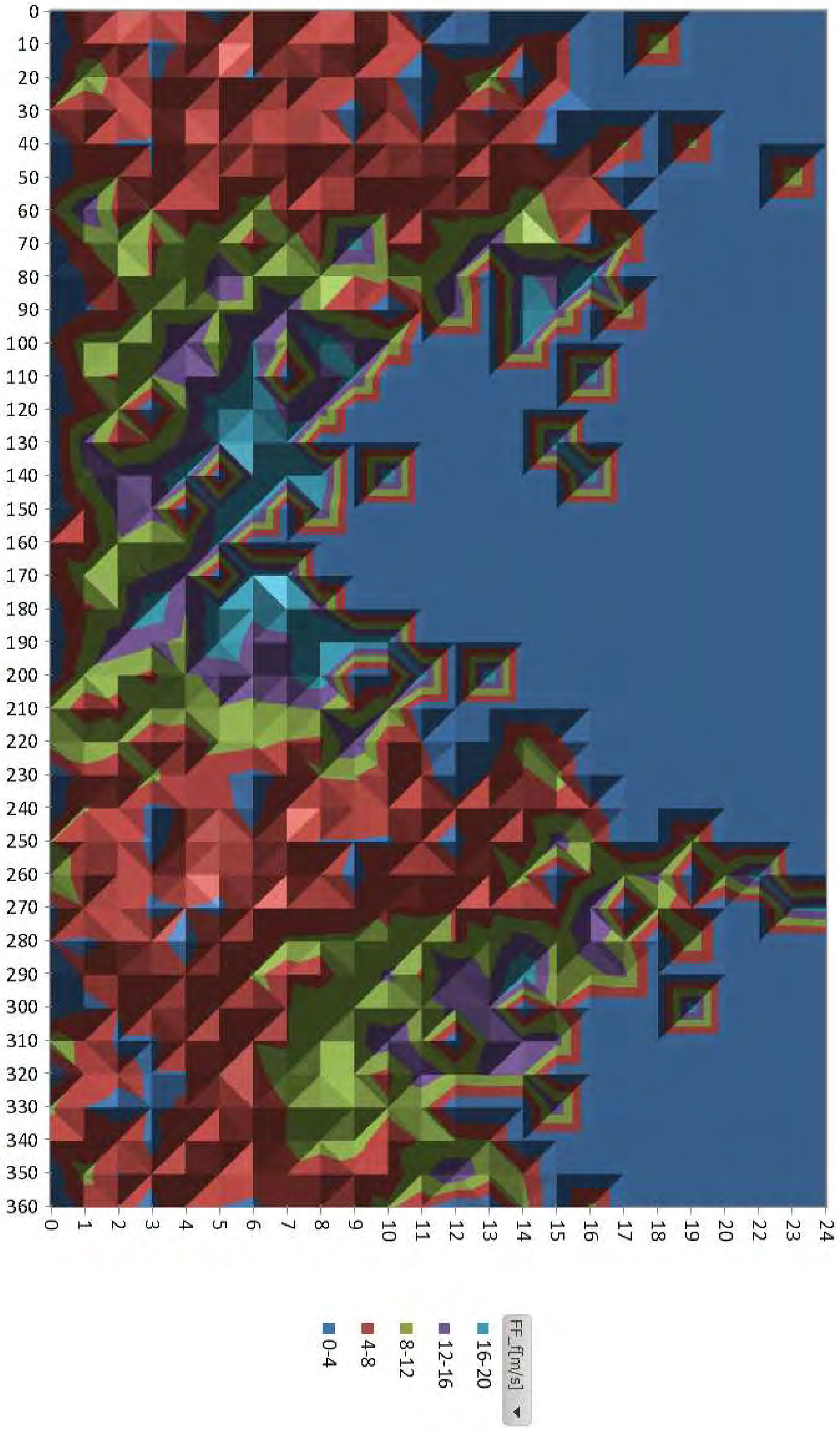
dMendel - doplněná řada měření na stanici J.G.Mendela

Johnson - měření na Johnson Mesa

w1000 - rychlost větru na hladině 1000 dle reanalýz NCEP/NCAR

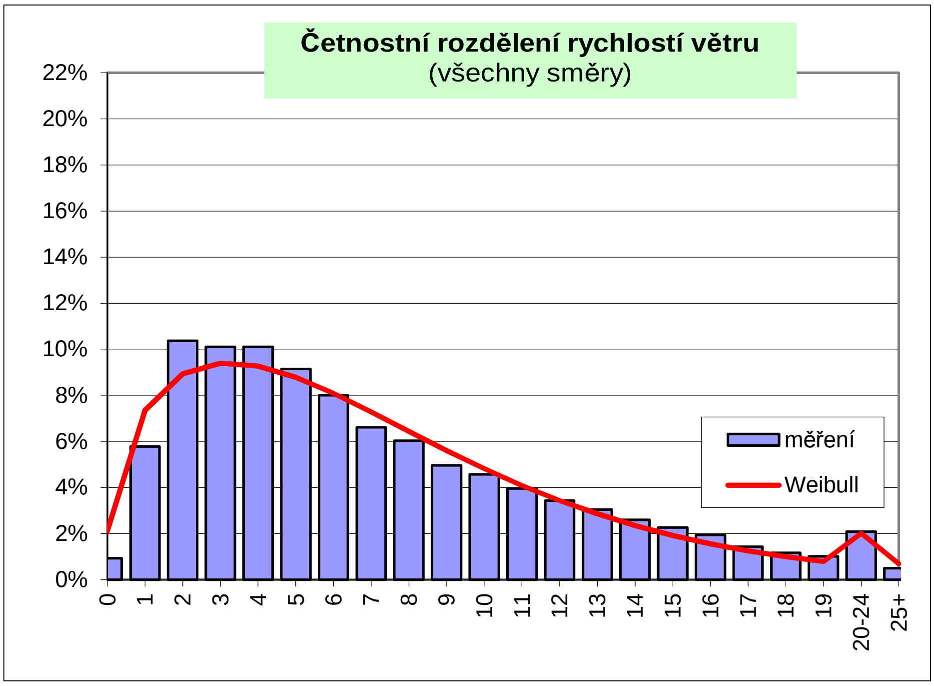


Příloha 13c: **Závislost rychlosti větru na Johnson Mesa a směru a rychlosti větru dle reanalýz** (osy – směr a rychlost větru dle reanalýz, barva – rychlost větru na Johnson Mesa)

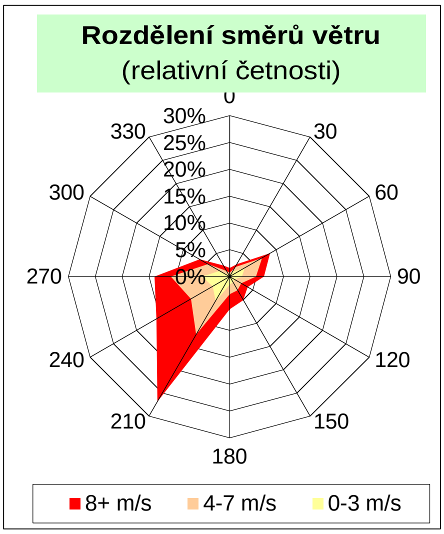


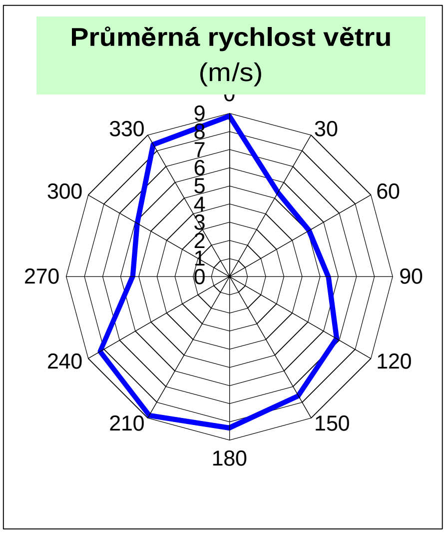
Příloha 14a: **Prodloužené měření na stanici J.G.Mednela podle Johnson Mesa a reanalýz**
leden-únor v letech 1994-2010

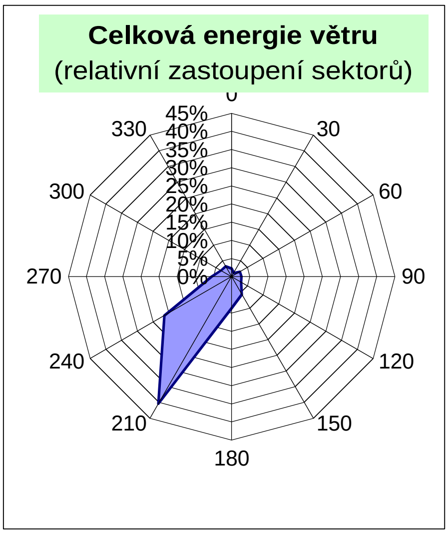
rychlost větru [m/s]	relativní četnost měření	relativní četnost Weibull
0	0.92%	2.11%
1	5.78%	7.35%
2	10.37%	8.93%
3	10.10%	9.40%
4	10.11%	9.26%
5	9.14%	8.78%
6	8.00%	8.08%
7	6.61%	7.28%
8	6.03%	6.43%
9	4.97%	5.60%
10	4.56%	4.81%
11	3.96%	4.09%
12	3.43%	3.43%
13	3.05%	2.85%
14	2.60%	2.35%
15	2.26%	1.92%
16	1.94%	1.56%
17	1.43%	1.25%
18	1.17%	1.00%
19	1.01%	0.79%
20-24	2.08%	2.02%
25+	0.49%	0.70%
celkem	100.00%	100.00%



směr větru [°]	relativní četnost: všechny termíny	termíny ≥ 3.5 m/s: z celku	termíny ≥ 3.5 m/s: součet 100%	termíny ≥ 7.5 m/s: z celku	termíny ≥ 7.5 m/s: součet 100%	prům. rychlost [m/s]	Weibull A [m/s]	Weibull k	hustota výkonu [W/m^2]	energie větru za rok [kWh/m^2/rok]	energie větru relativně
0	1.64%	1.35%	1.86%	0.91%	2.34%	8.84	10.1	1.87	913	131	2.23%
30	2.72%	1.66%	2.28%	0.61%	1.56%	5.35	5.8	1.39	282	67	1.14%
60	8.68%	5.45%	7.48%	1.68%	4.31%	5.07	5.6	1.55	205	156	2.66%
90	6.38%	4.11%	5.65%	1.49%	3.82%	5.45	5.7	1.37	282	157	2.68%
120	3.89%	2.83%	3.88%	1.38%	3.55%	6.82	7.4	1.46	524	178	3.04%
150	5.09%	3.87%	5.31%	2.17%	5.56%	7.59	8.4	1.47	744	332	5.64%
180	6.08%	4.61%	6.32%	2.82%	7.23%	8.33	9.2	1.49	955	509	8.66%
210	26.88%	21.63%	29.71%	14.44%	37.06%	8.83	10.1	1.73	1008	2374	40.42%
240	15.75%	12.14%	16.68%	7.45%	19.13%	8.24	9.2	1.54	910	1255	21.37%
270	13.98%	8.87%	12.18%	3.04%	7.81%	5.34	5.9	1.45	264	323	5.50%
300	6.47%	4.32%	5.94%	1.77%	4.55%	5.87	6.3	1.41	351	199	3.38%
330	2.45%	1.98%	2.72%	1.20%	3.08%	8.41	9.4	1.60	896	192	3.27%
celkem	100%	**72.82%**	100.00%	**38.96%**	100.00%	**7.24**	**7.8**	**1.40**	**670**	**5874**	100.00%



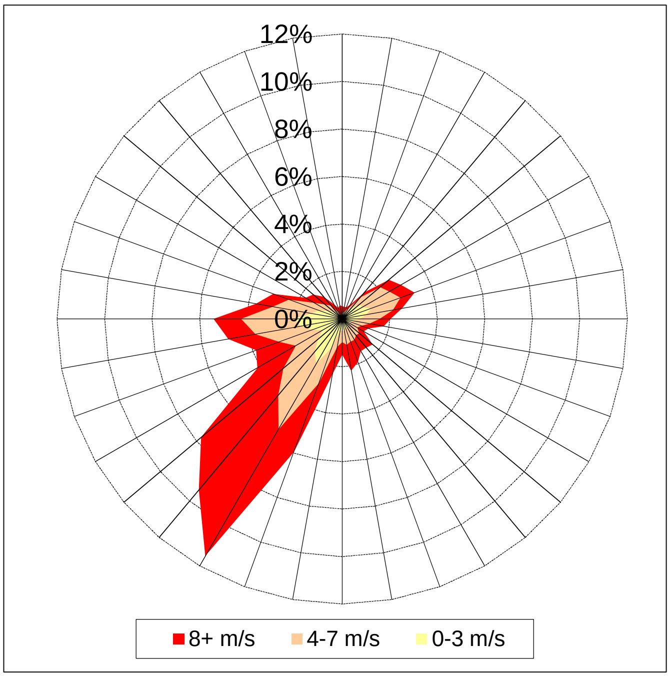


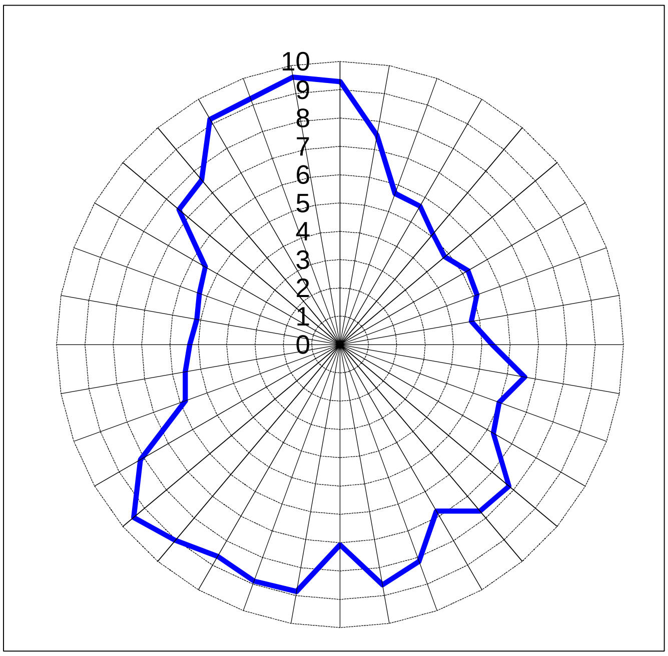


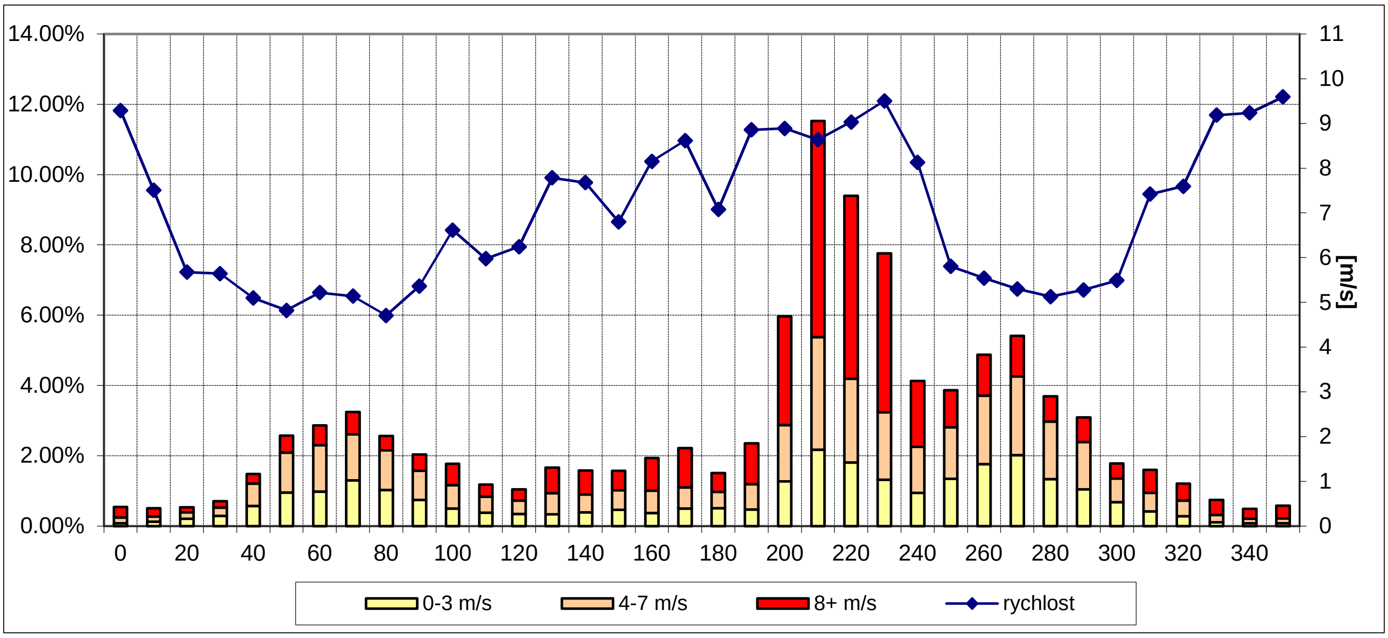
Příloha 14b: **Prodloužené měření na stanici J.G.Mednela podle Johnson Mesa a reanalýz**

leden-únor v letech 1994-2010 ***podrobné směry***

dd [°]	relativní četnost					prům. rychlost [m/s]
	vše termíny	termíny ≥ 3.5 m/s		termíny ≥ 7.5 m/s		
		z celku	součet 100%	z celku	součet 100%	
0	0.55%	0.47%	0.64%	0.31%	0.79%	9.29
10	0.51%	0.38%	0.53%	0.24%	0.61%	7.51
20	0.54%	0.33%	0.45%	0.15%	0.39%	5.68
30	0.70%	0.42%	0.57%	0.18%	0.47%	5.64
40	1.48%	0.91%	1.26%	0.27%	0.70%	5.10
50	2.57%	1.61%	2.22%	0.48%	1.22%	4.82
60	2.86%	1.88%	2.59%	0.57%	1.45%	5.22
70	3.24%	1.95%	2.68%	0.64%	1.64%	5.14
80	2.57%	1.54%	2.11%	0.41%	1.05%	4.71
90	2.04%	1.30%	1.78%	0.47%	1.20%	5.36
100	1.78%	1.28%	1.76%	0.61%	1.57%	6.62
110	1.18%	0.80%	1.10%	0.34%	0.88%	5.98
120	1.04%	0.70%	0.95%	0.31%	0.81%	6.25
130	1.66%	1.33%	1.83%	0.72%	1.86%	7.78
140	1.58%	1.19%	1.63%	0.68%	1.75%	7.68
150	1.57%	1.11%	1.53%	0.56%	1.43%	6.80
160	1.94%	1.57%	2.15%	0.93%	2.38%	8.15
170	2.21%	1.71%	2.35%	1.12%	2.87%	8.62
180	1.51%	1.01%	1.38%	0.54%	1.38%	7.08
190	2.35%	1.89%	2.59%	1.16%	2.98%	8.86
200	5.96%	4.69%	6.44%	3.09%	7.92%	8.89
210	11.53%	9.36%	12.85%	6.15%	15.79%	8.64
220	9.39%	7.58%	10.42%	5.20%	13.35%	9.03
230	7.76%	6.44%	8.84%	4.52%	11.60%	9.50
240	4.13%	3.19%	4.38%	1.88%	4.82%	8.13
250	3.86%	2.52%	3.46%	1.06%	2.71%	5.81
260	4.87%	3.11%	4.27%	1.16%	2.98%	5.54
270	5.41%	3.39%	4.66%	1.16%	2.97%	5.30
280	3.70%	2.36%	3.24%	0.72%	1.85%	5.13
290	3.09%	2.04%	2.81%	0.70%	1.79%	5.28
300	1.78%	1.10%	1.51%	0.42%	1.08%	5.49
310	1.60%	1.18%	1.62%	0.65%	1.67%	7.42
320	1.21%	0.94%	1.28%	0.48%	1.24%	7.59
330	0.74%	0.64%	0.88%	0.43%	1.10%	9.18
340	0.49%	0.41%	0.56%	0.29%	0.73%	9.24
350	0.58%	0.50%	0.69%	0.37%	0.95%	9.59
clk	100%	**72.82%**	100%	**38.96%**	100%	**7.24**





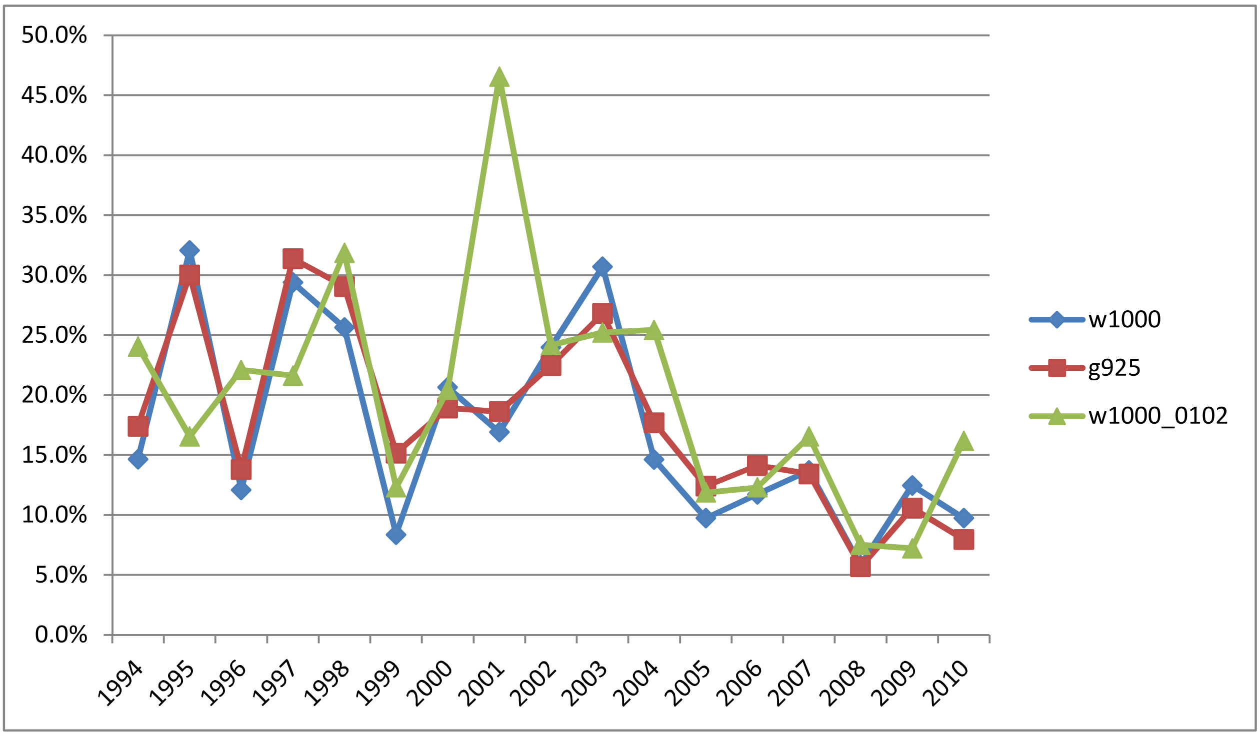


Příloha 15: **Četnost proudění ze sektorů 100°- 200°v reanalýzách NCEP/NCAR**

leden-únor v letech 1994-2010

	w1000	g925	w1000_0102
1994	14.6%	17.4%	24.0%
1995	32.1%	30.0%	16.5%
1996	12.1%	13.8%	22.1%
1997	29.4%	31.4%	21.6%
1998	25.6%	29.0%	31.9%
1999	8.4%	15.1%	12.3%
2000	20.6%	18.9%	20.4%
2001	16.9%	18.6%	46.5%
2002	24.0%	22.5%	24.2%
2003	30.7%	26.8%	25.2%
2004	14.6%	17.7%	25.4%
2005	9.7%	12.4%	11.9%
2006	11.7%	14.1%	12.3%
2007	13.7%	13.4%	16.5%
2008	5.8%	5.7%	7.5%
2009	12.5%	10.6%	7.2%
2010	9.7%	7.9%	16.2%

w1000 - rychlost modelového větru na hladině 1000 hPa

g925 - rychlost geostrofického větru na hladině 925 hPa

w1000_0102 - rychlost modelového větru na hladině 1000 hPa, pouze měsíce leden a únor