

Univerzita Karlova v Praze
Matematicko-fyzikální fakulta

DISERTAČNÍ PRÁCE



David Hanslian

Analýza výsledků měření větru

Katedra meteorologie a ochrany prostředí

Vedoucí disertační práce: doc. RNDr. Jaroslava Kalvová, CSc.

Studijní program: Fyzika

Studijní obor: Meteorologie a klimatologie

Praha 2014

Poděkování

Chtěl bych poděkovat všem, kdo svojí pomocí přispěli k této disertační práci. Poděkování patří na prvním místě školitelce doc. RNDr. Jaroslavě Kalvové, CSc. za odborné vedení práce, všestrannou pomoc a přínosné připomínky. Mé poděkování patří také panu RNDr. Josefu Šteklovi, CSc. za poskytnutí motivace k výzkumu v oblasti meteorologie ve větrné energetice a kolegům Mgr. Jiřímu Hoškovi, PhD, RNDr. Zuzaně Chládové, PhD a Mgr. Lukáši Popovi za technickou pomoc a konzultace. Dále bych chtěl poděkovat svým rodičům, své partnerce Báře Novotné a přátelům za podporu v průběhu doktorského studia a při psaní této práce.

Práce byla podpořena grantem KJB300420905 Grantové agentury AV ČR.

Prohlašuji, že jsem tuto disertační práci vypracoval samostatně a výhradně s použitím citovaných pramenů, literatury a dalších odborných zdrojů.

Beru na vědomí, že se na moji práci vztahují práva a povinnosti vyplývající ze zákona č. 121/2000 Sb., autorského zákona v platném znění, zejména skutečnost, že Univerzita Karlova v Praze má právo na uzavření licenční smlouvy o užití této práce jako školního díla podle § 60 odst. 1 autorského zákona.

V Praze dne 24.6.2014

David Hanslian

Název práce: Analýza výsledků měření větru

Autor: Mgr. David Hanslian

Katedra / Ústav: Katedra meteorologie a ochrany prostředí

Vedoucí disertační práce: doc. RNDr. Jaroslava Kalvová, CSc.

Abstrakt: Dizertační práce se zabývá studiem okolností souvisejících s analýzou větroměrných dat. První část práce shrnuje problematiku nežádoucích jevů ovlivňujících výsledky měření větru, zejména vliv umístění anemometru vůči okolním překážkám. Teoretické poznatky jsou doplněny praktickými ukázkami analýzy těchto vlivů na stožárových měřeních větru. Druhá část práce analyzuje metodiku prodlužování a doplňování časových řad větru. Jsou představeny dvě vlastní metody maticového typu pro řešení této úlohy. Dále je provedeno porovnání úspěšnosti prodloužení větroměrných dat pro různé typy referenčních řad, různé metody a různé varianty vlastních metod. Ukázalo se, že obecně vhodným zdrojem referenčních řad jsou reanalýzy. Vhodnost použití pozemního měření větru závisí na konkrétní konfiguraci referenční a cílové stanice a na homogenitě referenční řady. Navržené vlastní metody se osvědčily jako vhodný a univerzální prostředek pro danou úlohu. Třetí část práce se zaměřuje na analýzu větrných podmínek na území České republiky. Vedle celkového přehledu dosavadních poznatků v této oblasti je popsán výpočet větrné mapy ČR. Ta je vytvořena kombinací modelů PIAP a VAS/WAsP; samotný model VAS/WAsP kombinuje interpolační metodu VAS a model WAsP. Výsledek výpočtu ukazuje rozložení průměrných rychlostí větru ve výškách 10 m a 100 m nad povrchem.

Klíčová slova: vítr, měření větru, větrné klima, větrná mapa, metody prodlužování časových řad větru

Title: Wind data analysis

Author: David Hanslian

Department: Department of Meteorology and Environment Protection

Supervisor: doc. RNDr. Jaroslava Kalvová, CSc.

Abstract: The doctoral thesis presents various methods of wind data analysis. Its first part summarizes the undesirable factors that influence the measured wind data. In particular, the effects of anemometer placement with regard to the near-by obstacles are investigated. In addition to the theoretical review, the practical examples of analysis of these effects at the wind mast measurements are demonstrated. The second part is focused on the measure-correlate-predict methods. Two original matrix-type methods are presented. Furthermore, a comparison of accuracy of measure-correlate-predict methods for various types of reference data series, various methods and various configurations of applied methods has been performed. The reanalyzed wind proved to be a suitable source of reference data in most cases. The applicability of surface wind data from meteorological stations depends on the combination of reference and target series, as well as on the homogeneity of involved data. The newly introduced methods proved to be suitable and universal tool for measure-correlate-predict application. The final part of the thesis analyses the wind conditions over the Czech Republic. Besides to the overview of the knowledge of the Czech wind climate, the calculation of the wind map of the Czech Republic is described. The final map was produced using combination of models PIAP and VAS/WAsP; the latter consists of interpolation method VAS and model WAsP. The result shows the distribution of average wind speed at the heights of 10 m and 100 m above ground.

Keywords: wind, wind measurement, wind climate, wind map, measure-correlate-predict methods

Obsah

Obsah	1
1. Úvod.....	5
1.1 Uplatnění analýzy výsledků měření větru	5
1.2 Struktura dizertační práce	7
2. Vliv umístění měření větru na větroměrná data.....	9
2.1 Umístění a měření větru a jeho reprezentativnost	9
2.2 Vliv samotného senzoru a jeho výložníku	11
2.3 Anemometr po straně stožáru	13
2.3.1 Ukázka 1: Měření větru po straně štíhlého trubkového stožáru	16
2.3.2 Ukázka 2: Měření větru po straně telekomunikačního stožáru.....	20
2.4 Jiné objekty v bezprostřední blízkosti senzoru.....	21
2.5 Měření větru nad střechou budovy či nad vrcholem stožáru.....	23
2.5.1 Ukázka 3: Měření větru nízko nad vrcholem stožáru a v blízkosti hromosvodu	25
2.5.2 Ukázka 4: Odhad nadhodnocení rychlosti větru nad typizovanou meteorologickou stanicí podle metodiky Landberga (2000)	28
2.6 Vliv překážek v okolí místa měření.....	32
2.7 Měření v lese či v sídelní oblasti	34
2.8 Další okolnosti ovlivňující výsledky měření větru.....	38
3. Metody prodloužení či doplnění časových řad měření větru	41
3.1 Podstata řešené úlohy	41
3.1.1 Metody measure-correlate-predict (MCP).....	41
3.1.2 Obvyklé použití a cíle metod MCP.....	42
3.2 Okolnosti limitující přesnost simulace metodami MCP.....	43
3.2.1 Intenzita statistického vztahu mezi referenční a cílovou časovou řadou.....	43
3.2.2 Množství trénovacích dat.....	44
3.2.3 Homogenita referenční časové řady	46
3.2.4 Reprezentativnost a stacionarita klimatických podmínek	46
3.2.5 Přesnost metody MCP	47
3.3 Přehled existujících metod MCP	48
3.3.1 Celkové charakteristiky metod MCP	48
3.3.2 Jednoduché metody.....	49
3.3.3 Metody založené na regresním vztahu mezi referenčními a cílovými rychlostmi větru	50
3.3.4 Metody využívající kategorizace rychlostí větru na referenční řadě.....	52

3.3.5	Metody založené na podmíněných pravděpodobnostech výskytu hodnot na referenční a cílové řadě	53
3.3.6	Alternativní přístupy	57
3.4	Vlastní metody MCP	57
3.4.1	Metoda 1	58
3.4.2	Metoda 2	59
3.4.3	Způsob vymezení kategorií.....	61
3.5	Porovnání metod MCP a různých druhů referenčních dat - metodika	63
3.5.1	Srovnávací studie v dostupné literatuře	63
3.5.2	Princip testování metod MCP	65
3.5.3	Použitá testovací data.....	65
3.5.4	Výběr trénovacího a verifikačního období	68
3.5.5	Testované metody MCP a jejich varianty.....	69
3.5.6	Kritéria pro hodnocení přesnosti metod MCP	72
3.5.7	Výpočet souhrnných ukazatelů	75
3.6	Porovnání metod MCP a různých druhů referenčních dat – výsledky.....	75
3.6.1	Porovnání výsledků pro různé referenční a cílové řady	75
3.6.2	Porovnání základních metod MCP	82
3.6.3	Vlastní metody: porovnání variant výpočetního postupu.....	89
3.6.4	Vlastní metody: porovnání variant základního členění kategorií	92
3.6.5	Vlastní metody: porovnání variant minimálního počtu dat v kategorii	94
3.7	Shrnutí a diskuze výsledků porovnání.....	96
3.7.1	Porovnání referenčních a cílových řad	96
3.7.2	Porovnání různých metod a variant	98
4.	Větrné podmínky na území ČR.....	101
4.1	Dosavadní studie větrných podmínek na území ČR.....	101
4.1.1	Všeobecné studie větrných podmínek ČR (Československa).....	101
4.1.2	Studie zaměřené na konkrétní lokalitu, region či fenomén	104
4.1.3	Zkoumání větrných podmínek ve vztahu k větrné energetice, vývoj větrných map.....	107
4.2	Modely použité pro výpočet větrné mapy ČR.....	109
4.2.1	Metoda VAS	109
4.2.2	Model WAsP.....	113
4.2.3	Hybridní model VAS / WAsP	116
4.2.4	Model PIAP	119
4.3	Realizace větrné mapy ČR	121
4.3.1	Přehled použitých větroměrných dat	121

4.3.2	Zpracování měření větru	125
4.3.3	Geografické vstupy: orografie a parametr drsnosti povrchu	126
4.3.4	Realizace modelu VAS/WAsP	128
4.3.5	Realizace modelu PIAP	130
4.3.6	Kombinace modelů PIAP a VAS/WAsP	131
4.4	Výsledná větrná mapa ČR	132
4.4.1	Větrná mapa pro výšku 10 m	134
4.5	Diskuze a validace dosažených výsledků	135
5.	Závěr	137
	Literatura	141
	Přehled symbolů a zkratk	155
	Přílohy	159

1. Úvod

S nadsázkou lze říci, že vítr nepatří mezi meteorologickými prvky k těm oblíbeným. Je to prvek "problémový", jehož měření, zpracování i interpretace bývají spojeny s řadou komplikací, nedorozumění a chybných závěrů. Vítr se od ostatních meteorologických veličin odlišuje již svým základním principem - tím, že je vektorem. Na rozdíl od jiných prvků jej není proto možno vyjádřit jediným nekomplexním číslem, ale vždy je nutno uvažovat nejméně dvě komponenty – ať již ve formě navzájem kolmých složek vektoru, nebo ve formě rychlosti a směru větru. Vítr je mimořádně proměnlivý v čase. Jeho rychlost i směr se mění ze vteřiny na vteřinu, z minuty na minutu, ze dne na den... a tyto změny mají v sobě více chaotična než pravidelnosti. Vítr je proměnlivý v prostoru. Zcela jiné rychlosti větru lze očekávat ve 2 metrech nad zemí, jiné v 10 metrech a jiné ve výškách okolo 100 metrů. Jiné rychlosti budou na volné ploše a jiné v okolí překážek. Jiné rychlosti budou na kopci než v údolí... A v neposlední řadě je problematické samotné měření větru. Ať již z hlediska přesnosti měřících prostředků, tak co se týče vlivu blízkého okolí na naměřená data. V některých případech postačí výměna jednoho anemometru za druhý, přesunutí senzoru na vzdálenost pouhých desítek centimetrů či zdánlivě nevýznamná změna v jeho okolí, aby naměřené charakteristiky větru doznaly nikoli nepodstatných změn. I proto se moje práce věnuje právě větru.

1.1 Uplatnění analýzy výsledků měření větru

Pokud jsou data z měření větru podrobněji analyzována, pak zpravidla v návaznosti na konkrétní praktickou aplikaci. Platí přitom, že různé aplikace mají velmi rozdílné požadavky na kvalitu (a kvantitu) naměřených hodnot i na metody jejich zpracování. Hovoří-li se proto o těchto požadavcích, záleží na tom, z perspektivy které aplikace je na větroměrná data nahlíženo.

Tradičně základním účelem měření větru, přinejmenším pokud jde o měření v síti meteorologických stanic, jsou potřeby související s předpovědí počasí. Informace o větru jsou používány jako vstup do předpovědních modelů i jako aktuální podklad pro předpovědní službu. V těchto aplikacích je hlavním požadavkem okamžitá a spolehlivá dostupnost naměřených dat a současně (pro daný účel) reprezentativní rozmístění měřících stanic. Jiné aspekty, například vysoká přesnost naměřených rychlostí a směrů větru či jejich dlouhodobá homogenita, jsou sice žádoucí, nikoli však nejdůležitější.

Mírně odlišný pohled na větroměrná data se naskytá při studiu větrných extrémů, což je téma s velkým praktickým dopadem. Při aktuální předpovědi extrémních událostí jsou požadavky přibližně podobné jako v předchozím případě. Podstatná je zejména schopnost poskytnout alespoň přibližnou, ale důvěryhodnou a aktuální informaci o větru. Neopomenutelnou roli hraje také odolnost měření a datového spojení vůči extrémním podmínkám. Pokud je cílem klimatologické zpracování extrémních rychlostí větru, například za účelem určení rychlostí větru s určitou pravděpodobností výskytu či trendů ve výskytu těchto událostí, pak je nezbytnou podmínkou existence dlouhodobého, reprezentativně umístěného,

a homogenního měření. To ovšem měření větru zpravidla nespĺňují, což přináší řadu obtížně řešitelných problémů.

Odlišnou kategorií jsou případy, kdy je vítr sledován za účelem analýzy mikroklimatických podmínek. Jedná se například o aplikace týkající se rozptylu a šíření znečišťujících látek, o aplikace v zemědělství, v silniční meteorologii a podobně. Na rozdíl od předchozích případů není cílem zachytit větrné podmínky reprezentativní pro velké územní celky, ale spíše jde o rozpoznání charakteristických vlastností větrného klimatu daného místa či jemu analogických lokalit, případně o sledování aktuálních podmínek v tomto místě. V těchto případech často nabývají na významu měření nízkých rychlostí větru a měření s vysokým časovým rozlišením. Vedle průměrných hodnot rychlosti či směru větru zde silně záleží na jeho proměnlivosti v důsledku existence turbulencí a vírů malého měřítka. Naopak dlouhodobost měření větru a jeho homogenita nejsou, nad rámec zachycení přirozené variability větrných podmínek, ve většině případů zásadními kritérii.

V posledních desetiletích nabývá na významu také využití větru jako energetického zdroje. V této souvislosti se obvykle řeší dvě úlohy:

Klíčovou otázkou pro každého zájemce o budoucí výstavbu větrných elektráren je množství energie, které je možno v dané lokalitě z větru získat. To závisí částečně na použité technologii, ale především na větrných podmínkách místa. Jejich zjištění je v principu úlohou klimatologickou, kdy je cílem co nejúplněji a co nejpřesněji analýza poměrů v prostoru rotoru větrných elektráren.

V první řadě je nutná znalost dlouhodobé "větrnosti" místa, přesněji dlouhodobě reprezentativního rozdělení rychlostí větru. Požadavky na přesnost zjištění této informace jsou mimořádně vysoké a značně převyšují požadavky většiny jiných aplikací týkajících se větru. Například chyba určení průměrné rychlosti větru o 0,1 m/s běžně vede k chybě určení výroby elektrické energie o 3 až 4 %. Zdánlivě malý, z pohledu běžného pozorovatele zanedbatelný rozdíl, znamená ve finančním vyjádření u malé větrné farmy za dobu její životnosti rozdíl ve výnosech v řádu několika desítek milionů korun. Je proto zřejmé, že na přesnosti měření větrných podmínek a všech kroků jeho následného zpracování v těchto aplikacích mimořádně záleží. I takto malá chyba může zásadním způsobem rozhodovat o finanční návratnosti celého projektu.

Vedle informace o průměrných rychlostech větru mohou mít na výnosnost větrných elektráren vliv i další vlastnosti větrného klimatu, například znalost větrné růžice (kvůli modelovým výpočtům pole větru a kvůli vzájemnému rozmístění větrných elektráren), intenzity turbulence (kvůli vlivu na výrobu a namáhání větrných elektráren), extrémních rychlostí větru v dané lokalitě (kvůli dimenzování opory a bezpečnostních prvků elektrárny) či dlouhodobé variability větrných podmínek (kvůli určení míry rizika riziku nižších než předpokládaných výnosů).

Druhou klíčovou aplikací meteorologie ve větrné energetice je předpověď větru, respektive předpověď množství vyrobené energie větrnými elektrárnami. Tato předpověď nabývá na významu s rostoucím podílem větrné energie v elektrizační soustavě, neboť podle předpovědi výroby větrné energie lze optimalizovat provoz ostatních energetických zdrojů a tím umožnit hladkou a smysluplnou integraci tohoto kolísajícího zdroje do elektrické sítě. Podobně jako

v případě stanovení větrně-klimatických podmínek před výstavbou větrných elektráren, i zde jsou požadavky na přesnost předpovědi větší než ve většině jiných aplikací požadujících předpověď větru, neboť nesprávně provedená předpověď výroby větrné energie může teoreticky vést až ke vzniku kritických situací v elektrizační soustavě, případně značných ztrát pro obchodníky s elektřinou. Z toho důvodu je vedle informace o předpokládané výrobě větrné energie často požadována též informace o nejistotě aktuální předpovědi.

1.2 Struktura dizertační práce

Zadané úkoly disertační práce lze shrnout do tří okruhů: analýza nežádoucích jevů ovlivňujících výsledky měření větru, metody efektivního doplnění či prodloužení časových řad větru a analýza faktorů vytvářejících větrné klima lokality.

První část práce (kapitola 2) se zabývá vybranými okolnostmi, které mohou mít vliv na analyzovaná větroměrná data. Tuto otázku považuji za zcela zásadní a podle mých zkušeností dochází často k jejímu podceňování. Lze se například setkat se zaměřováním zjevných nehomogenit v naměřených datech s klimatologickými trendy. Jindy jsem se potýkal s případy, kdy byly silně anomální výsledky měření větru vysvětlovány "neznámými přirozenými příčinami" namísto toho aby byla hledána pravděpodobnější příčina, kterou bylo umístění přístroje či problémy měřicí techniky. Podle mých zkušeností se větroměrná data chovají v zásadě předvídatelně a pokud dochází k neobvyklým jevům, pak je tomu tak v souvislosti s očekávatelnými meteorologickými fenomény (např. inverze, fén, nízkohladinové tryskové proudění, místní cirkulační systémy, konvekce apod.). Podobně i z prostorového hlediska se vítr chová logicky a předvídatelně. V opačných případech lze obvykle nalézt příčinu v okolnostech, které s meteorologickými podmínkami nemají mnoho společného.

Celkově má kapitola 2 spíše výkladový charakter a vychází převážně z rešerše dostupné literatury. Jejím cílem je pokusit se o získání alespoň přibližné představy, zda a jak velké vlivy na naměřená data lze v reálných případech očekávat. Ne vždy lze ovšem na tuto otázku nalézt uspokojivou odpověď. Zejména v případě silněji postižených měření je kvantifikace těchto vlivů prakticky nemožná a taková data jsou pro aplikace vyžadující vysokou přesnost nepoužitelná. Pokud je to účelné, snažím se upozorňovat na rozdíly mezi požadavky a standardy pro běžná meteorologická měření, a standardy pro měření ve větrné energetice, které jsou mnohem přísnější. V případě ovlivnění přístrojů vlivem bezprostředního okolí doplňuji teoretické poznatky reálnými příklady z vlastní praxe a v jednom případě jednoduchým ilustrativním výpočtem. Budu rád, pokud tato kapitola bude moci posloužit jako odrazový můstek pro každého, kdo je nucen se s větroměrnými daty potýkat.

Ve druhé části práce (kapitola 3) se zaměřuji na konkrétní problém, který při zpracování naměřených dat hraje často zásadní úlohu. Jde o otázku prodloužení dočasných měření větru na delší období, respektive o doplňování chybějících úseků dat. Tato úloha je složitější, než by se na první pohled mohlo zdát. Například v rámci rozsáhlého srovnání (Mortensen et al., 2012) se ukázalo, že proces prodloužení na dlouhodobý normál patří v současnosti k největším zdrojům nejistoty při výpočtu větrného potenciálu lokality.

V rámci [kapitoly 3](#) jsem se pokusil nejprve o shrnutí této problematiky a rešerši existujících metod. Dále představuji dvě vlastní metody, které jsem pro tento účel vytvořil. Nakonec jsem provedl porovnání výsledků pro různé druhy referenčních dat, metod a pro různé varianty vlastních výpočetních postupů. Tato kapitola má sama o sobě přibližně strukturu a způsob zpracování obvyklé pro vědeckou práci a je svým rozsahem ze všech kapitol největší. Určitou odchylkou od běžných zvyklostí je umístění podrobných výsledků provedeného porovnání do části [Přílohy](#). Domnívám se, že použité řešení je v tomto případě přehlednější a z čtenářského pohledu praktičtější, než by byla nahodilá prezentace podrobných výsledků uvnitř textu.

Třetím analyzovaným tématem ([kapitola 4](#)) jsou větrné podmínky na území České republiky. Zde jsem se nejprve pokusil o celkový přehled dosavadních poznatků prací na toto téma. Převážná část kapitoly se pak zaměřuje na téma modelování větrných podmínek a zpracování Větrné mapy ČR. V tomto případě byl převážně využit text dvou článků publikovaných v Meteorologických zprávách ([Hanslian et al., 2012](#), [Hanslian et al., 2014](#)), jejichž jsem hlavním autorem.

2. Vliv umístění měření větru na větroměrná data

2.1 Umístění a měření větru a jeho reprezentativnost

Vzhledem k velké prostorové proměnlivosti větrných podmínek a vzhledem k tomu, že proudění vzduchu může být značně ovlivněno i relativně malými překážkami a v blízkosti se nacházejícími objekty, má umístění měření větru zcela zásadní význam pro přesnost získaných výsledků. K analýze těchto vlivů je nutno přistupovat na dvou úrovních:

Za prvé mohou být naměřené hodnoty ovlivněny umístěním anemometru v rámci měřicí sestavy či v rámci objektu, na kterém je měřicí sestava umístěna. Jde o vlivy bezprostředního okolí senzoru cca v řádu centimetrů až jednotek (případně nižších desítek) metrů od anemometru. Jedná se například o součásti samotného senzoru, o jeho výložník, o stožár, na který je senzor upevněn, a o bezprostředně blízké překážky, například hromosvody, okolní senzory či antény. Naměřená data mohou být ovlivněna také budovou či konstrukcí, nad kterou je anemometr umístěn.

V tomto případě lze říci, že vlivy objektů souvisejících s měřením jsou v zásadě nežádoucí. Až na výjimky není cílem zaznamenat, jak se proudění vzduchu chová například v závětrí meteorologického stožáru či nad střechou staniční budovy, ale jaké by bylo proudění v daném místě, pokud by se zde žádný stožár nebo staniční budova nenacházely. Je tedy cílem tyto vlivy minimalizovat.

Za druhé jde o umístění měřicí stanice v terénu. Z hlediska bližšího okolí může být proudění vzduchu výrazně ovlivněno okolními objekty, jako jsou například stromy či budovy. Vedle toho jde také o umístění měření větru v širší krajině, tedy především o vliv okolní orografie a typické drsnosti okolního terénu.

O umístění měření větru v terénu nelze v principu mluvit jako o "dobrém" nebo "špatném". V této souvislosti se používá termín *reprezentativnost*. Dle klasického článku [Wieringy \(1996\)](#) i metodiky [WMO \(2008\)](#) je reprezentativnost měření "mírou, v jaké meteorologické pozorování popisuje hodnotu meteorologické veličiny potřebnou **pro daný účel**". Nejde tedy o fixní vlastnost daného pozorování, záleží na účelu, za kterým je měření prováděno či pro který jsou aktuálně naměřená data používána. Například měření větru prováděná v lese či ve městě pod úrovní výšky okolních objektů jsou zásadně ovlivněna okolními překážkami a jsou tak zcela nereprezentativní z hlediska regionálně platných větrných podmínek. Přesto se může jednat o reprezentativně umístěná měření z hlediska konkrétního cíle, kterým může být zjištění větrných podmínek uvnitř lesního porostu či v prostoru městské zástavby.

Jak [Wieringa \(1996\)](#) upozorňuje, na reprezentativnost větroměrných dat se lze dívat z různých pohledů. V meteorologii je reprezentativnost nejčastěji uvažována ve smyslu *regionální reprezentativnosti*, neboť ve většině meteorologických aplikací je cílem zjistit větrné podmínky, které jsou nějakým způsobem reprezentativní pro širší okolí daného místa. Vedle toho lze však mluvit také například o *reprezentativnosti lokální*, která se vztahuje k procesům

malého rozměru, *representativnosti dlouhodobé*, která se vztahuje k dlouhodobě platným klimatickým podmínkám, a podobně.

V české literatuře je pojem reprezentativnost obvykle ztotožňován s reprezentativností regionální. Například definice českého Meteorologického slovníku (ČMeS, 2014) pro termín "pozorování meteorologické reprezentativní" lze za reprezentativní považovat takové pozorování, jehož "výsledky mají platnost pro širší okolí místa pozorování". "Stanice meteorologická reprezentativní" je podle stejného zdroje (ČMeS, 2014) "umístěná tak, aby její pozorování vystihovala režim počasí v širším okolí". Otázkami reprezentativnosti větroměrných dat, ve smyslu regionální reprezentativnosti, se v průběhu své kariéry intenzivně zabýval Sobíšek (1964, 1969, 1982, 1992, 1995, 2000). Zejména ve svých pozdějších pracích reprezentativnost měření větru spojuje s jeho kvalitou nebo tyto pojmy dokonce zaměňuje Sobíšek (1992). V tomto případě se ovšem jedná o účelové pojetí pojmu "kvalita", kdy za "nekvalitní" jsou považována i jinak přesná data, pokud se nenacházejí na místě reprezentativním ve smyslu regionální reprezentativnosti.

Osobně se domnívám, že pojmy "kvalita" a "reprezentativnost" je vhodnější jasně oddělovat. "Kvalitu" měření určuje přesnost měřicí techniky a dle mého názoru též umístění měřicího přístroje v rámci stanice. V rámci kontextu může být jako faktor ovlivňující kvalitu měření uvažován i případný nežádoucí vliv překážek v bezprostředním okolí stanice. Umístění měřicí stanice v terénu je však výhradně okolností související s reprezentativností měření pro daný účel nikoli s jeho kvalitou. Za mírně zavádějící taktéž považuji zaměňování obecného pojmu reprezentativnost s reprezentativností regionální, jak je v českých zdrojích obvyklé.

Na druhou stranu je skutečností, že ve většině běžných meteorologických aplikací jsou žádoucí právě regionálně reprezentativní měření větru. Vhodná jsou z tohoto pohledu taková místa, která jsou co nejméně ovlivněna svým blízkým okolím. Jde zejména o polohy orograficky exponované a otevřené vůči proudění vzduchu. Za vhodné umístění meteorologické stanice či měřicího stožáru však může být považováno i místo, které není zvláště exponované, ale nachází se v otevřené lokalitě bez přílišného množství překážek a svojí polohou v terénu je typické pro okolní krajinu.

Vzhledem k tomu, že podmínky nad větším územím jsou společně ovlivňovány prouděním ve větších výškách nad zemským povrchem, může být výhodné umístění měření do větších výšek nad zemský povrch. To je výhodné také při měření větru ve větrné energetice, kdy je snahou přiblížit se větrným podmínkám ve výšce osy rotoru větrných elektráren. Pro tyto účely bývá měření větru obvykle prováděno na vysokých stožárech, případně též pomocí metod dálkové detekce (dnes zejména lidary).

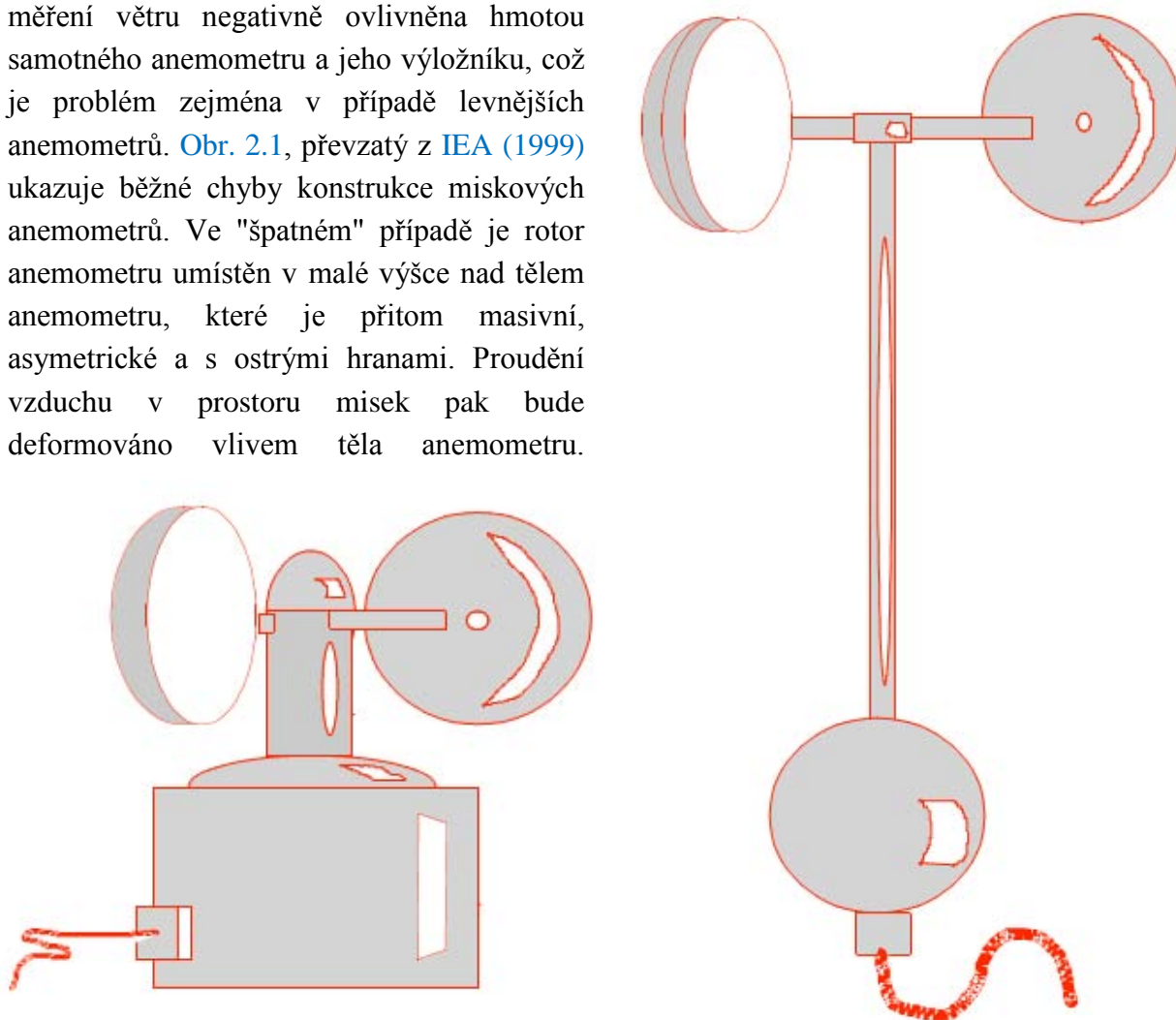
Při měření na meteorologických stanicích je z důvodu vzájemné srovnatelnosti žádoucí, aby měření větru byla reprezentativní pro větrné podmínky ve výšce 10 metrů nad otevřeným terénem (WMO, 2008). To navzdory zažitému názoru neznamena, že měření větru má vždy správně probíhat v této výšce. Pokud se v okolí stanice nachází velké množství překážek nebo jedná-li se například o stanici v sídelním území či v lese, pak by standardní měření mělo probíhat v takové (obvykle větší) výšce nad zemí, aby bylo ekvivalentní k měření výšce 10 m v otevřeném terénu (WMO, 2008).

Pro úplnost lze doplnit že z hlediska reprezentativnosti může záležet také na vlastnostech (správně fungujícího) přístroje či na způsobu záznamu naměřených dat.

V následujících kapitolách jsou diskutovány různé aspekty toho, jaký dopad na naměřená data může umístění měření mít. Diskuze je doplněna praktickými ukázkami, které vycházejí ze stožárových měření větru prováděných na území České republiky. Taková měření větru mají výhodu, že bývají obvykle vybavena paralelně několika anemometry. Podrobná analýza vztahu mezi rychlostmi větru na různých anemometrech v závislosti na směru větru umožňuje v řadě případů přibližně identifikovat příčiny naměřených rozdílů. Vzhledem k tomu, že se jedná o data důvěrná, nejsou v rámci provedených ukázek zveřejňovány žádné údaje, podle kterých by bylo možno tato měření snadno identifikovat, ani údaje o skutečné rychlosti větru. Jsou uvedeny pouze poměry rychlostí větru naměřených na různých senzorech.

2.2 Vliv samotného senzoru a jeho výložníku

V nejužším pohledu může být přesnost měření větru negativně ovlivněna hmotou samotného anemometru a jeho výložníku, což je problém zejména v případě levnějších anemometrů. Obr. 2.1, převzatý z IEA (1999) ukazuje běžné chyby konstrukce miskových anemometrů. Ve "špatném" případě je rotor anemometru umístěn v malé výšce nad tělem anemometru, které je přitom masivní, asymetrické a s ostrými hranami. Proudění vzduchu v prostoru misek pak bude deformováno vlivem těla anemometru.



Obr. 2.1 Příklad "špatně" (vlevo) a "dobře" (vpravo) konstruovaného miskového anemometru. Zdroj: IEA (1999).

Navíc lze očekávat, že proudění vzduchu bude ovlivněno výložníkem či souvisejícími objekty, od kterých zřejmě nebude mít rotor anemometru dostatečný vertikální odstup.

Vliv nedostatečného vertikálního odstupu místa snímání proudění od vodorovného výložníku zkoumal například [Pedersen et al. \(1992\)](#). Provedená simulace naznačuje, že pro omezení nepřesnosti způsobené výložníkem pod 0,5 % rychlosti větru musí být místo, kde je snímána rychlost větru, od výložníku vertikálně vzdáleno nejméně 12 až 15-násobek jeho tloušťky, přičemž vhodnější je v tomto smyslu výložník kruhového průřezu než výložník mající ostré hrany.



Obr. 2.2 Vlevo levný akustický anemometr Gill WindSonic. Proudění v prostoru měření je ovlivněno jak sloupky celkového krytu, tak i samotnými snímači a jejich krytkami. Vpravo špičkový anemometr Thies Ultrasonic. Narušení proudění snímači není možno zcela eliminovat, je proto alespoň snaha jej minimalizovat. Proudění v místě měření bude též mírně ovlivněno příhradovou konstrukcí pod senzorem.



Obr. 2.3 Vlevo kombinovaný senzor NOVI-Anemo AN 953. Tělo anemometru je vhodně tvarované, nevýhodou je však jeho umístění v blízkosti rotoru. Ovlivňovat naměřené hodnoty může také nosná spojka anemometru vyústěná bezprostředně pod jeho rotorem. Zcela nevhodné je umístění anemometru příliš blízko vertikální tyče. Vpravo špičkový anemometr Thies odpovídající doporučení IEA (1999). Viz srovnání s obr. 2.1.

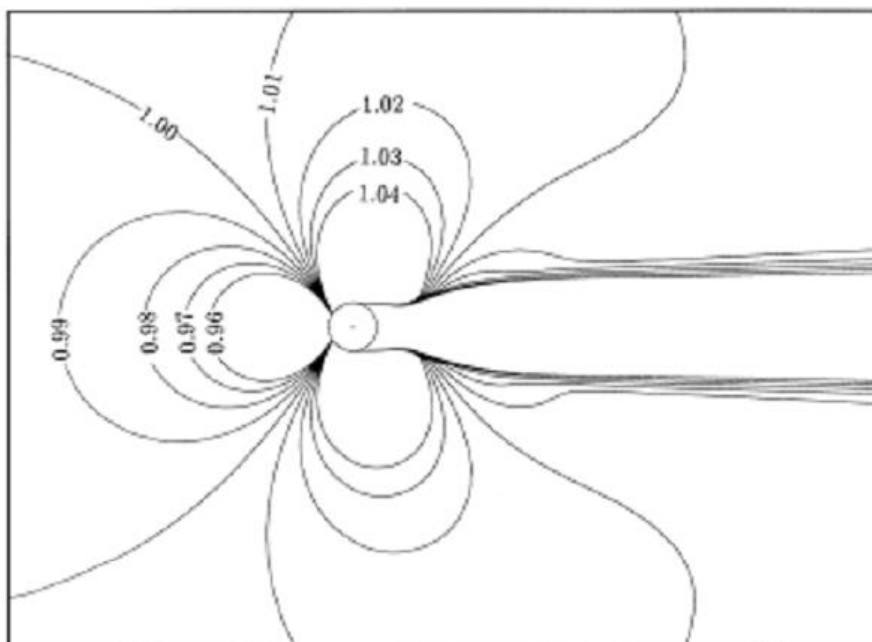
Negativním vlivům hmoty samotného anemometru se prakticky nelze vyhnout případě anemometrů akustických (obr. 2.2) či senzorů kombinujících miskový anemometr s větrnou směrovkou (obr. 2.3), případně i s dalšími senzory. V takových případech mohou být nepřesnosti částečně sníženy pomocí korekčních algoritmů (ty mohou být například u akustických anemometrů přímo zabudovány v řídicím software anemometru). Čím větší je však narušení proudění, tím hůře je možné jej úplně eliminovat.

2.3 Anemometr po straně stožáru

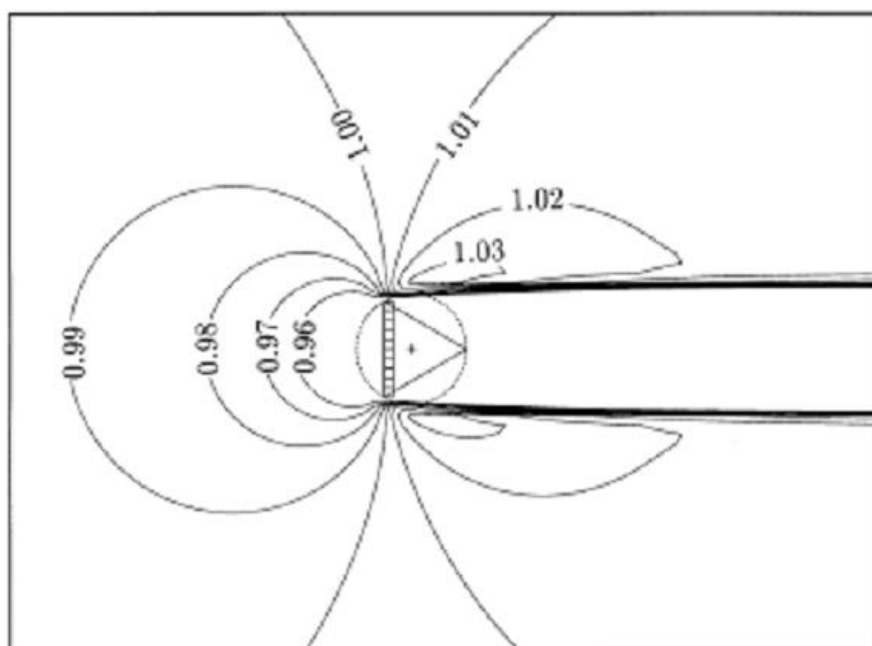
V řadě případů, zejména při stožárovém měření vertikálního profilu větru, se nelze vyhnout umístění anemometru po straně měřicího stožáru či jiné konstrukce, na které je měření větru situováno. V takovém případě jsou naměřené hodnoty zejména rychlosti větru stožárem ovlivněny. Této problematice byla a je věnována poměrně velká pozornost a existuje řada prací, které vliv stožáru na proudění vzduchu pečlivě analyzují (např. Dabbert, 1968, Kline, 2002, Stickland et al., 2009, Lindelow et al., 2010, Tusch et al., 2011, Orlando et al., 2011, Farrugia & Sant, 2013).

Představu o tom, jak se chová pole průměrné rychlosti větru v okolí stožáru, lze získat například z výsledků teoretických simulací ukázaných v IEA (1999) (obr. 2.4 a 2.5). Velikost a charakter deformace proudění stožárem sice závisí na konkrétním typu stožáru (v první řadě na tom, zda se jedná o stožár trubkové nebo příhradové konstrukce) a na vlastnostech natékajícího proudění, její základní rysy jsou však společné. Především lze pochopitelně očekávat výrazné zeslabení větru v závětrí stožáru, deformace proudění se však projevuje i v ostatních směrech. Jde jednak o zeslabení větru na návětrné straně stožáru. Ve srovnání s masívním snížením rychlosti větru v úzkém rozmezí směrů v závětrí stožáru je natékající proudění zeslabeno mnohem méně, i když v širším směrovém rozpětí. Naopak k zesílení proudění zpravidla dochází po stranách stožáru a šikmo po směru proudění (mimo závětrný úplav). Velikost tohoto efektu a rozložení oblasti zesíleného proudění se silně liší v závislosti na charakteru stožáru. Například u porézní příhradové konstrukce je toto zesílení podstatně nižší než v případě kompaktního tubusu.

Vedle samotného zvýšení či snížení rychlosti větru může být naměřená rychlost větru zejména u miskových anemometrů ovlivněna stříhem větru na okraji závětrného úplavu, kdy na jednu stranu rotoru (a tedy na jednu stranu misek) působí vyšší rychlosti větru než na stranu opačnou. Například pokud bude rychlost větru působící na "pravou" stranu anemometru o 0,2 m/s vyšší a na "levou" stranu anemometru o 0,2 m/s nižší než je průměrná rychlost pro celý rotor, pak bude měřená rychlost větru o 0,7 m/s nad- nebo podhodnocená, podle toho, na které straně se vítr opírá do vypuklé a kde do vyduté strany misek (IEA, 1999).



Obr. 2.4 Simulované pole průměrné rychlosti větru v okolí trubkového stožáru (proudění natéká zleva). Rychlost větru je normalizovaná vůči rychlosti nenarušeného proudění. Zdroj: IEA (1999)



Obr. 2.5 Simulované pole průměrné rychlosti větru v okolí stožáru příhradové konstrukce o trojúhelníkovém půdorysu (proudění natéká zleva). Rychlost větru je normalizovaná vůči rychlosti nenarušeného proudění. Zdroj: IEA (1999)

Celkový dopad měřicího stožáru nelze obecně vyčíslit, neboť závisí na míře a charakteru deformace proudění stožárem, na vzdálenosti senzoru od stožáru, na orientaci senzoru vůči stožáru a na klimatologickém rozložení směrů větru (na větrné růžici lokality). V doporučení IEA (1999) ale určité měřítko nalézt lze. Konkrétně u kompaktního trubkového stožáru lze při umístění senzoru proti směru proudění očekávat deficit 1 % rychlosti větru při odstupu od stožáru ve vzdálenosti přibližně 6-násobku jeho průměru a deficit 0,5 % při odstupu

přibližně 8,5-násobku průměru. Při 50 % porézní příhradové konstrukci odpovídá těmto deficitům 3,7 a 5,7-násobek průměru stožáru (při otevřenější konstrukci to může být méně). Tyto hodnoty lze chápat i jako přibližný odhad očekávatelného ovlivnění proudění v ostatních směrech mimo závětrný úplav.

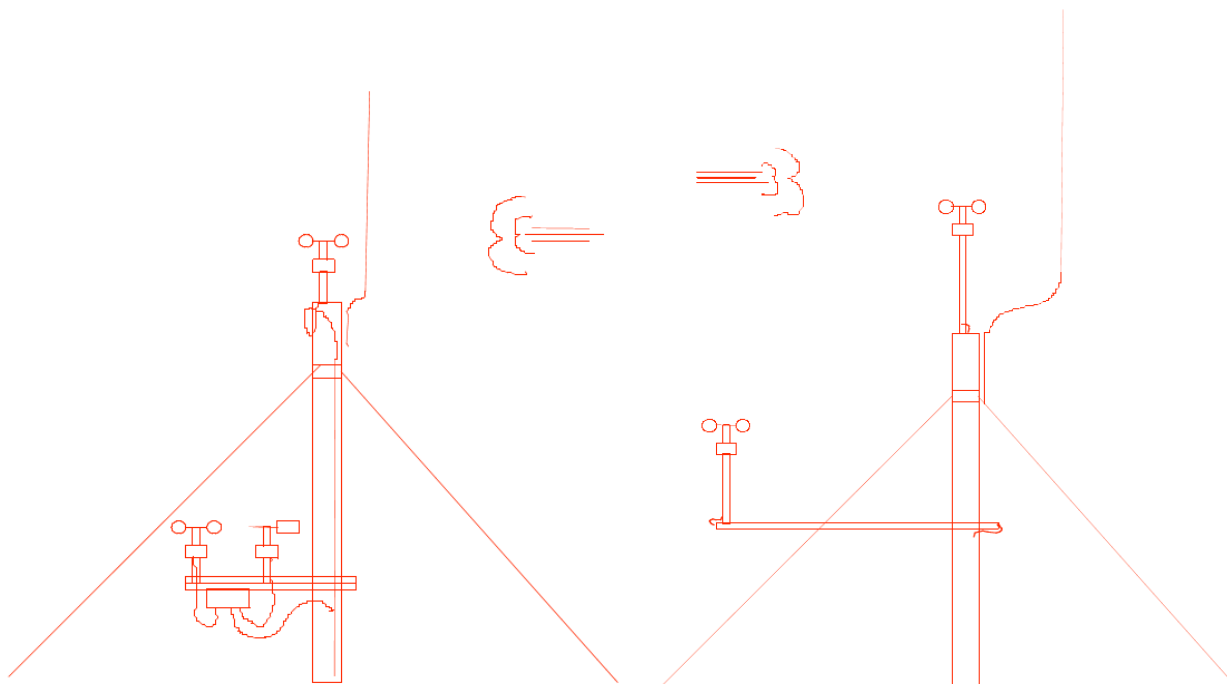
Při plánování délky výložníků je samozřejmě žádoucí dosáhnout maximální vzdálenosti anemometru od stožáru, konkrétní provedení však musí být kompromisem mezi požadavky na přesnost dat na jedné straně a technickou (finanční) náročností instalace či jinými nežádoucími efekty dlouhých výložníků na straně druhé. Konkrétně pro potřeby měření ve větrné energetice by velikost narušení proudění vzduchu (mimo závětrný úplav, kde se nelze vyhnout vyšším hodnotám) neměla být vyšší než 0,5 % (IEA, 1999), měly by tedy být dodržovány výše uvedené odstupy pro tuto úroveň. Metodika sdružení MEASNET (MEASNET, 2008) tyto hodnoty považuje přímo za závazné.

Při méně náročných aplikacích (například při běžných meteorologických měřeních) se lze spokojit i s většími nepřesnostmi, je však nutno počítat s tím, že se zmenšujícím se odstupem míra ovlivnění naměřených hodnot prudce narůstá. Například podle metodiky WMO (2008), části týkající se měření větru (část I/5.9.2), by měla být délka výložníku u meteorologických měření nejméně trojnásobkem průměru stožáru. Jak však vyplývá z původní práce (Gill et al., 1967 cit. dle Oke, 2006), tento odstup zřejmě platí pro stožáry otevřené konstrukce, tedy pro porézní příhradové stožáry. V případě kompaktní konstrukce, například u trubkových stožárů či u "hustých" příhradových stožárů (s masivní kabeláží, anténami apod.) je nutno volit odstup větší. Navíc metodika WMO (2008) na jiném místě zmiňuje i podstatně přísnější kritérium. V části zabývající se stožárovým měřením větru (WMO, 2008, část II/5.3.3) je uvedeno, že délka výložníků by měla být minimálně 2 m a současně pokud možno s odstupem od stožáru ve výši alespoň 10-násobku jeho průměru.

Pro minimalizaci vlivu stožáru je důležité také vhodné směrování výložníků. Jak vyplývá z obr. 2.4 a 2.5, rychlost větru je stožárem nejméně ovlivněna ve směru šikmo proti natékajícímu proudění (cca v úhlu 45°), u příhradového stožáru spíše kolmo ke směru proudění. V případě jednoho výrazně převládajícího směru větru je tedy vhodné výložník orientovat vůči převládajícímu směru větru takto (IEA, 1999, MEASNET, 2008). Pokud je výrazněji zastoupeno proudění z více odlišných směrů, pak je spíše důležité minimalizovat negativní vliv závětrného úplavu a směřovat výložník tak, aby byl senzor v závětrí stožáru při nejméně významném směru.

Aby bylo možno získat použitelná měření směrů větru ze všech směrů, bývají někdy do každé výškové úrovně, kde je měření prováděno, instalovány dva anemometry na výložnicích orientovaných různými směry. To umožňuje nahradit měření, kdy je jeden senzor v závětrném úplavu, naměřenými daty z druhého senzoru. Současně zdvojení senzorů slouží pro vzájemnou kontrolu naměřených dat a nahrazení případných výpadků způsobených technickými poruchami. Podle (WMO, 2008, část II/5.3.3) se za nejvhodnější se považuje orientace dvou výložníků do protilehlých směrů, které minimalizuje dopad vzájemného ovlivnění senzorů. Na druhou stranu (jak vyplývá z obr. 2.4 a 2.5) bude v tomto případě zřejmě docházet k nadhodnocení či podhodnocení naměřených rychlostí větru na obou senzorech současně. Z tohoto pohledu může být vhodnější, aby výložníky vzájemně svíraly pravý nebo tupý úhel,

v takovém případě je však pole větru kromě stožáru ovlivněno také druhým senzorem a jeho výložníkem. Shrnutí dobrých a špatných postupů při návrhu stožárového měření ukazuje [obr. 2.6](#).



Obr. 2.6 Příklad špatně (vlevo) a dobře (vpravo) navrženého stožárového měření větru. Ve špatném příkladu jsou nedostatečné horizontální i vertikální odstupy senzorů od stožáru, hromosvodu, opěrných lan i větrné směrovky, nevhodná je též orientace senzorů v závětrí při převládajících směrech proudění. Taktéž volně vlajících kabelů a jiného příslušenství v okolí senzorů je vhodné se vyvarovat. Zdroj: IEA (1999)

2.3.1 Ukázka 1: Měření větru po straně štíhlého trubkového stožáru

V první ukázce je analyzováno ve většině ohledů kvalitní měření větru na vysokém trubkovém stožáru ([obr. 2.7](#)). Měření probíhalo ve výškách 31 m a 57 m nad zemským povrchem. V obou výškových úrovních byla po straně stožáru instalována vždy dvojice anemometrů do vzájemně protilehlých směrů (podle výšky a orientace jsou označeny **31A**, **31B**, **57A** a **57B**). Průměr stožáru byl na obou výškových úrovních 20,3 cm a délka výložníků 1,53 m, senzory se tedy nacházely ve vzdálenosti 7,5-násobku průměru stožáru. Výložníky byly orientovány ve směru 110° (senzory A) a 290° (senzory B) od stožáru.

S výjimkou výložníků pro větrné směrovky, které se nacházely přibližně o 1 m výše, se v blízkosti anemometrů nenacházely žádné objekty, které by mohly mít významnější vliv na naměřené rychlosti větru (opěrná lana byla vedena v dostatečné vzdálenosti). Porovnání mezi rychlostmi větru na obou anemometrech v závislosti na směru větru by tedy mělo odrážet především vliv stožáru.

Poměr mezi průměrnými rychlostmi větru na anemometrech (za celou dobu měření, tj. cca 1 rok) v obou výškových úrovních ukazuje [obr. 2.8](#). Pro doplnění byl vykreslen i bodový graf porovnávající konkrétní naměřené rychlosti větru (10-minutové průměry) na

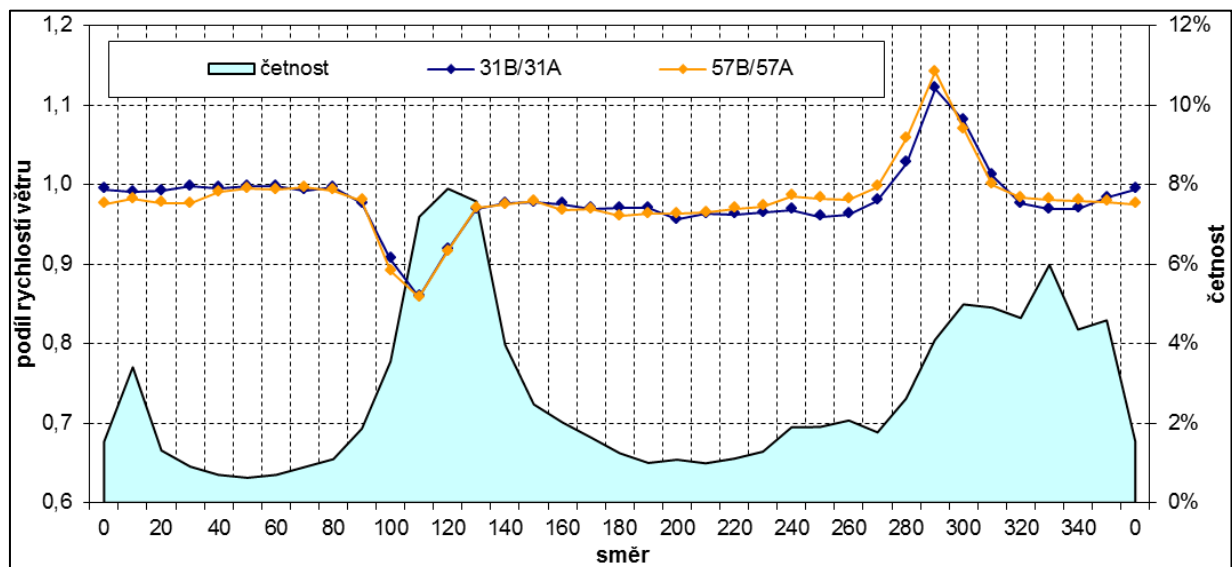
anemometrech A a B ve výšce 31 m (obr. 2.9). V tomto grafu byly pro přehlednost vyřazeny případy s rychlostí větru nižší než 2,5 m/s, kdy mají poměry mezi rychlostmi velký rozptyl.



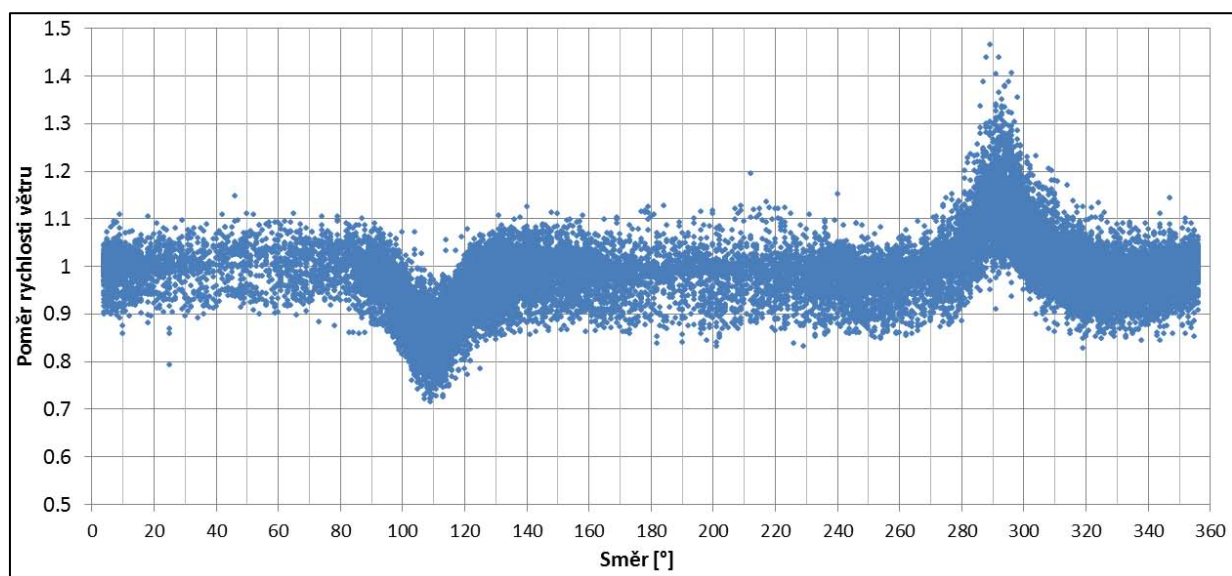
Obr. 2.7 Stožárové měření větru analyzované v *Ukázce 1*. Na obrázku jsou senzory ve výškách 31 a 57 m nad zemí.

Na první pohled je zjevný především efekt závětrného úplavu, kdy docházelo k relativnímu zeslabení měřeného větru na anemometrech B při proudění přibližně ze směrů 100 – 120° a k relativnímu zeslabení měřeného větru na anemometrech A při proudění ze směrů 280 – 300°. Toto zeslabení odpovídá závětrří stožáru a činí přibližně 10 – 15 %. Z rozložení četnosti jednotlivých směrů větru je zřejmé, že orientace výložníků nebyla vhodná, neboť se dostávaly do závětrří stožáru při často se vyskytujících směrech větru.

Zatímco zeslabení větru v závětrří stožáru je jasně zřetelné, při ostatních směrech větru se jedná o vlivy subtilnějšího charakteru. Podle výše zmíněných odhadů lze ve vzdálenosti 7,5-násobku průměru stožáru (mimo oblast jeho závětrří) očekávat odchylky průměrné rychlosti větru okolo 0,5 až 1%, což je na hranici rozpoznatelnosti. Asi nejlépe lze pozorovat relativní zesílení větru ve směrech přiléhajících k závětrrnému úplavu. Zde byla rychlost větru na "závětrrném" anemometru zvýšená vlivem obtékání stožáru, zatímco na "návětrrném" anemometru se ještě projevovalo zeslabení větru způsobené blokováním proudění stožárem. Lze identifikovat i určitou asymetrii, kdy anemometry nacházející se těsně vpravo od závětrrného úplavu dávaly relativně vyšší rychlosti větru než anemometry nacházející se vlevo od něj, což může být způsobeno výše popsáním efektem horizontálního stříhu větru na okraji úplavu. Tato interpretace však není zcela jednoznačná.



Obr. 2.8 Poměry mezi průměrnými rychlostmi větru v závislosti na směru větru za celou dobu měření (cca 1 rok) na senzorech B a A na obou výškových úrovních na stožárovém měření větru analyzovaném v *Ukázce 1*.



Obr. 2.9 Poměry mezi 10-minutovými průměrnými rychlostmi větru v závislosti na směru větru na senzorech 31B a 31A na stožárovém měření větru analyzovaném v *Ukázce 1*. Jsou uvažovány pouze případy s průměrnou rychlostí větru alespoň 2,5 m/s.

Výše popsané výsledky se v hlavních rysech dobře shodují s výsledky získanými v jiných studiích (např. [Saba, 2002](#)), analogické projevy bylo možno nalézt i na dalších stožárových měřeních větru, které jsem měl možnost zpracovávat. V praxi takto názorné porovnání dvou senzorů často není možné, neboť poměry mezi rychlostmi větru na různých senzorech jsou obvykle ovlivňovány i dalšími okolnostmi. Jde například o vlivy dalších objektů v okolí jednoho či obou senzorů nebo (při rozdílných výškách srovnávaných senzorů) o přirozené rozdíly vertikálního profilu rychlosti větru v závislosti na směru natékajícího proudění.

Také v předvedeném "ukázkovém" případě nevysvětluje vliv stožáru všechny rozdíly mezi porovnávanými senzory. Především lze pozorovat, že senzory 31B a 51B dávaly systematicky

nižší rychlosti větru než senzory 31A a 51A. Tento rozdíl mezi senzory A a B byl zejména ve výšce 31 m větší při jižních než při severních směrech větru. Tyto projevy nelze jednoznačně interpretovat. Pravděpodobným vysvětlením je, že systematický rozdíl mezi senzory A a B souvisí s chováním samotných anemometrů. To by mohly objasnit výsledky kontrolní kalibrace, která však u tohoto měření není k dispozici. Asymetrie mezi jižními a severními směry větru může souviset s vlivem výložníků větrných směrovek, které se nacházely nevysoko nad oběma anemometry a byly orientovány jižním směrem.

Někdy může být důležité odhadnout, jak velký je celkový dopad ovlivnění proudění stožárem na naměřené rychlosti větru. V případě, jako je tento, se většinou lze omezit na vliv závětrného úplavu. Nad- a podhodnocení měřených rychlostí větru v ostatních směrech není možné dobře odhadnout, ale s drobnou újmou na přesnosti lze v tomto případě předpokládat, že kladné a záporné odchylky při různých směrech větru se budou přibližně kompenzovat.

Odhad celkového vlivu závětrného úplavu na naměřenou průměrnou rychlost větru lze ukázat na příkladu senzoru 31B (tab. 2.1). Podle tohoto odhadu byla průměrná rychlost větru na senzoru 31B na vrub závětrří za stožárem podhodnocena přibližně o 1,7 % (bylo předpokládáno, že při proudění z postižených směrů měla být na senzoru 31B "správně" naměřena rychlost odpovídající 97,5 % rychlosti větru na senzoru 31A).

směr	odhadovaná chyba (v příslušném směru)	četnost	průměrná rychlost (normalizovaná)	výsledná chyba (ve všech směrech)
280°	-5%	2,64%	1,03	-0,14%
290°	-15%	4,11%	1,20	-0,72%
300°	-11%	4,92%	1,20	-0,62%
310°	-4%	4,93%	1,11	-0,20%
celkem		16,60%		-1,69%

Tab. 2.1 Odhad celkové chyby v určení průměrné rychlosti větru na senzoru 31 B stožáru analyzovaného v *Ukázce 1* způsobené zákrytem za stožárem.

Při provedení analogického odhadu pro ostatní senzory by vycházelo podhodnocení celkové průměrné rychlosti větru podobně. To jsou vesměs dosti vysoké hodnoty, zvláště s ohledem na dostatečný odstup senzorů od měřicího stožáru. Příčinou je nevhodná orientace výložníků, díky které se senzory nacházely v závětrří stožáru právě při nejvíce frekventovaných směrech větru. Při umístění senzorů kolmo na převládající proudění by bylo výsledné podhodnocení několikanásobně nižší.

V celkovém součtu je ovšem nejzávažnějším problémem systematický rozdíl mezi oběma senzory, který činil na obou výškových úrovních přibližně 2,5 %. V tomto případě navíc nelze bez dalších informací (například z otestování použitých přístrojů v kalibrační laboratoři) posoudit, které ze senzorů měřily správně, a vzniklou chybu korigovat.

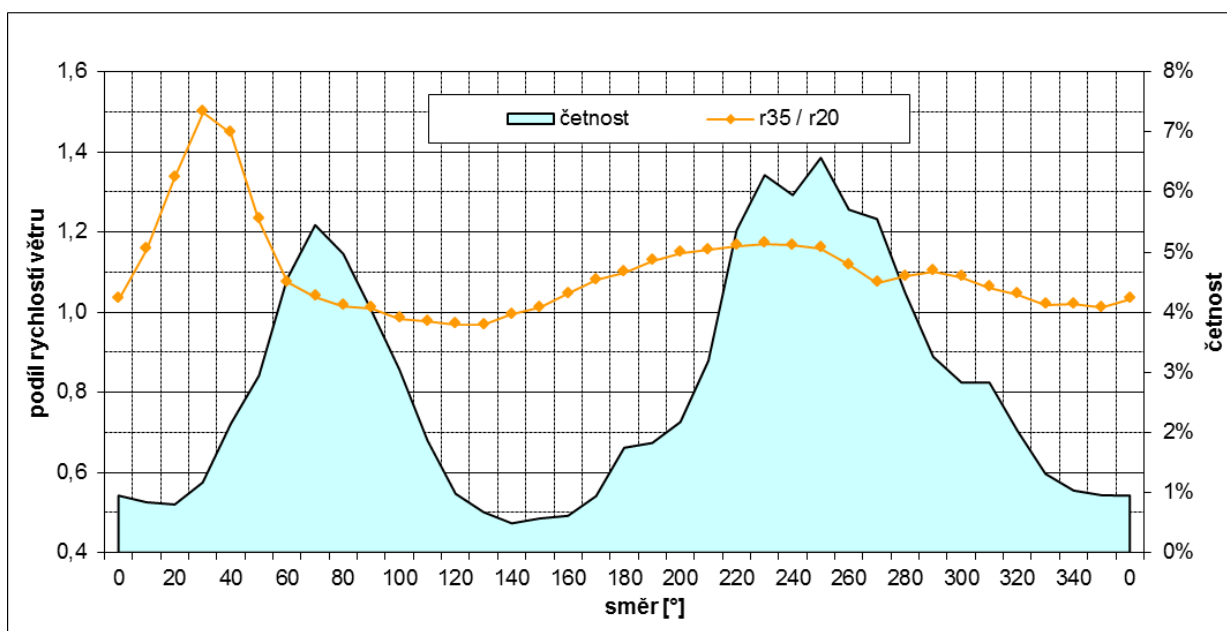
2.3.2 Ukázka 2: Měření větru po straně telekomunikačního stožáru

Vzhledem tomu, že výstavba vlastního měřicího stožáru je finančně, technicky i organizačně náročným projektem, bývá měření větru často umístováno na stávající výškové objekty, jako jsou telekomunikační věže. Takový "levný" přístup k měření větru má však značnou nevýhodu v tom, že na rozdíl od štíhlých jednoúčelových měřicích stožárů bývají tyto objekty tvořeny masivní příhradovou nebo tubusovou konstrukcí. V důsledku toho je pak obtížné až nemožné vyvarovat se značných vlivů na naměřené rychlosti větru.



Následující ukázka je příkladem měření větru na telekomunikační věži (obr. 2.10, fotodokumentace samotného měření se bohužel nedochovala). Rychlost větru byla měřena dvěma anemometry, jedním nad vrcholem věže ve výšce 35 m nad zemí (r_{35}) a druhým po její straně na výložníku o délce přibližně 2,5 m ve výšce 20 m (r_{20}). Vzhledem ke tloušťce tubusu věže přibližně 80 cm se dolní anemometr nacházel ve vzdálenosti pouze přibližně trojnásobku tloušťky tubusu. Měření se nacházelo v plochem terénu s minimem překážek, výjimku však tvoří západní sektor, kde se v rozmezí směrů 220° - 230° nachází ve vzdálenosti do 500 m lesní porost.

Obr. 2.10 Stožár, na kterém bylo umístěno měření analyzované v *Ukázce 2*.



Obr. 2.11 Poměry mezi průměrnými rychlostmi větru v závislosti na směru větru za dobu měření (cca 18 měsíců) na senzoru nad vrcholem stožáru ve výšce 35 m a na senzoru po straně stožáru ve výšce 20 m na stožárovém měření větru analyzovaném v *Ukázce 2*.

Porovnání naměřených průměrných rychlostí větru ve výškách 35 m a 20 m pro různé směry větru ukazuje [obr. 2.11](#). Na první pohled je zřetelný vliv závětrného úplavu, který se projevuje značným zeslabením větru ze směrů 10° - 60° na senzoru **r20**. Na rozdíl od předchozího případu bylo ovlivnění naměřených dat podstatně mohutnější: bylo zasaženo širší rozpětí směrů a mnohem vyšší byla redukce rychlosti větru. Co se týče ostatních směrů větru, byly rychlosti na senzoru **r20** vůči senzoru **r35** relativně vysoké při proudění ze směrů sousedících se závětrným úplavem a relativně nižší při proudění z protilehlého směru, tedy při natékajícím proudění na stožár.

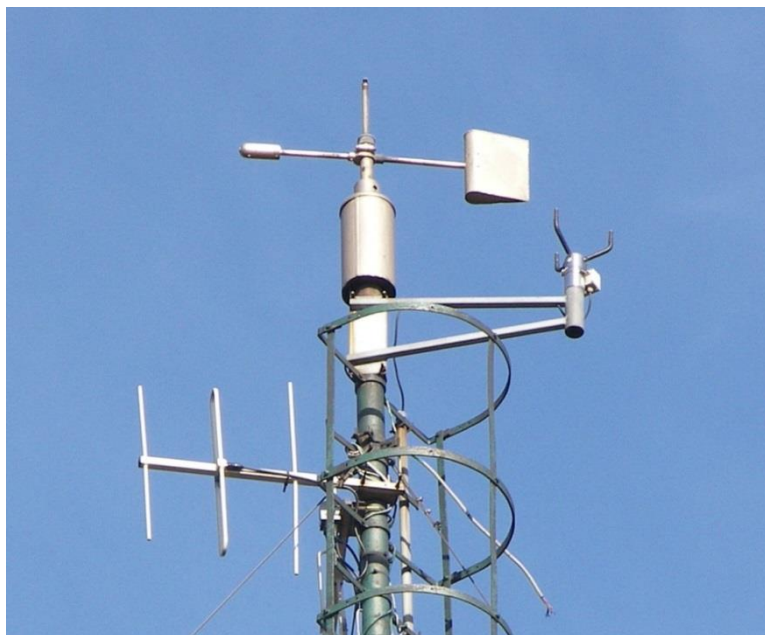
Podobně jako v předchozím případě je tedy vliv závětrného úplavu zcela jednoznačný. I přes mnohem masivnější stínění (v nejvíce postižených sektorech zřejmě okolo 30 – 40 %) byl však jeho celkový efekt (odhadnutý podobně jako v [tab. 2.1](#)) podobný, jako v [Ukázce 1](#) (konkrétně cca 1,5 %). Výložník byl totiž orientován tak, aby byl v závětrí mimo převládající směr větru.

Problematičtější je situace v případě ostatních směrů větru. Zde nelze jednoznačně rozlišit, do jaké míry jsou zjištěné rozdíly dány vlivem stožáru na dolní senzor a do jaké míry jinými skutečnostmi. Přestože zde byl vliv stožáru zřejmě dominantní, obrázek do určité míry odráží i přirozené rozdíly v nárůstu rychlosti větru s výškou při proudění z různých směrů a ovlivnění horního senzoru umístěním nad vrcholem stožáru a na něm se nacházejícími anténami. Vliv tubusu telekomunikační věže na naměřené rychlosti větru proto mimo závětrný úplav nelze dobře odhadnout. Přitom tento vliv může být poměrně značný a nelze jej zanedbat podobně jako v předchozím případě. Ve výsledku je nutno počítat s tím, že data naměřená na nižším senzoru jsou postižena nemalou nepřesností.

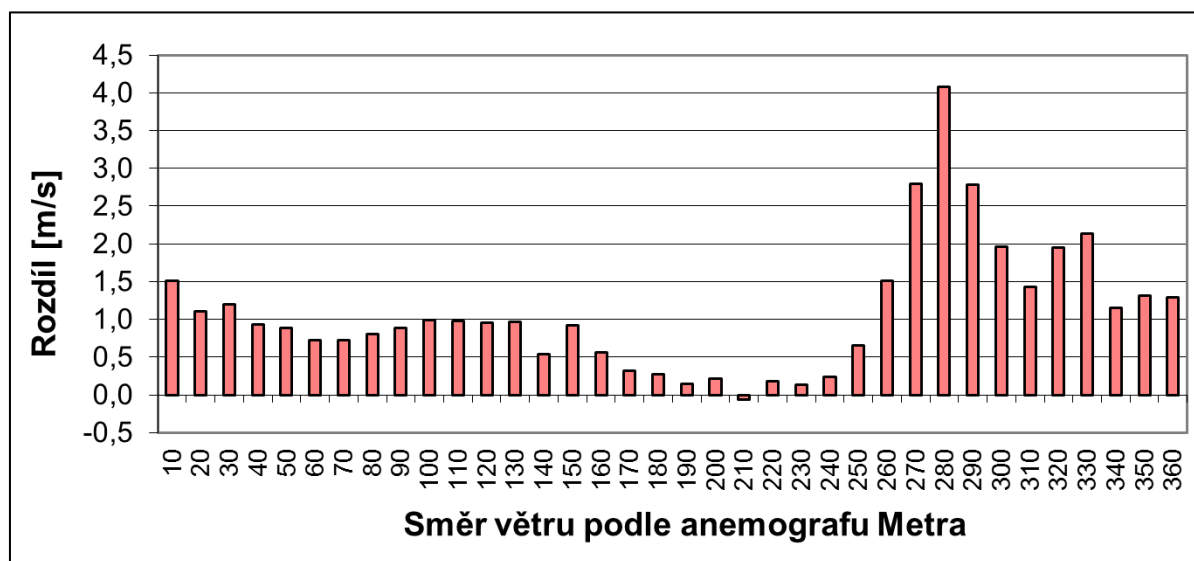
Z uvedeného vyplývá, že u stožáru plné konstrukce je odstup od stožáru na úrovni trojnásobku jeho průměru dosti problematický a při měření větru je vhodné volit výložník podstatně delší.

2.4 Jiné objekty v bezprostřední blízkosti senzoru

Naměřené rychlosti větru mohou být překvapivě silně ovlivněny i zdánlivě nevýznamnými objekty v bezprostřední blízkosti anemometru. Typicky se jedná například o antény, hromosvody, opěrná lana či okolní senzory. I tato okolnost bývá často podceňovaná a řada měření (především rychlosti) větru i v jinak výborně položených lokalitách je zbytečně znehodnocena umístěním přístroje v blízkosti překážek. Jako odstrašující příklad může sloužit způsob, jakým bylo v minulosti po několik let prováděno měření větru na Milešovce ([obr. 2.12](#) a [2.13](#)).



Obr. 2.12 Příklad nevhodného umístění anemometru. Měření větru na Milešovce bylo po řadu let prováděno akustickým anemometrem v zákrytu torza původního anemometru Metra. Teprve kolem přelomu let 2009 a 2010 byly zbytky původního anemometru Metra demontovány. Foto ze dne 20.11.2009.



Obr. 2.13 Rozdíly mezi souběžně naměřenými průměrnými rychlostmi větru na původním anemografu v závislosti na směru větru Metra (průměrná rychlost větru 8,18 m/s) a sonickém anemometru Vaisala (průměrná rychlost větru 6,92 m/s) podle [Hansliana et al. \(2005\)](#). Jak vyplývá z větrné růžice na [obr. 3.9](#), k největším rozdílům docházelo při velmi četných směrech větru ze severozápadu. Orientace výložníku tak dále zvyšovala celkový dopad nevhodného umístění.

K citelným chybám však může docházet i v méně zjevných případech. Proudění vzduchu v místě anemometru může být například ovlivněno i objekty nacházejícími se nad nebo pod úrovní měření nebo blízkými objekty malého rozměru. Při volbě umístění anemometru je proto vždy nutno úzkostlivě dbát na to, aby se v okolí přístroje nenacházelo nic, co by mohlo

proudění vzduchu jakkoli narušit; v úvahu je nutno vzít také potenciální překážky, jejichž instalaci lze očekávat v budoucnu.

Z pohledu uživatele měření je důležité mít k dispozici fotodokumentaci umístění anemometru, pokud možno provedenou takovým způsobem, aby bylo možno dobře posoudit vzájemnou polohu anemometru a případných okolních objektů. Vzhledem k tomu, že zpravidla nelze zaznamenat polohu anemometru a jeho okolí v horizontální rovině, je potřeba provést fotodokumentaci pod různými úhly z více míst (viz např. [obr. 2.16](#)). Pokud v okolí anemometru v průběhu měření dochází ke změnám (například instalace/odstranění antén či okolních přístrojů, drobné změny polohy apod.), což je spíše pravidlem než výjimkou, je vhodné mít k dispozici dokumentaci ve všech časových úsecích oddělených těmito změnami. Právě neexistence takové dokumentace je jednou z hlavních příčin omezené použitelnosti většiny větroměrných dat pro přesnější analýzy větrných podmínek či jejich změn v průběhu času.

Vliv konkrétních překážek lze obvykle odhadnout jen velmi obtížně. Relativně nejjednodušším případem jsou překážky ve formě stožáru, jak byly popsány výše, jindy lze o míře narušení proudění spíše jen spekulovat.

Konkrétním typem překážky, která je typická pro měření rychlosti větru v ideální pozici nad vrcholem stožáru, je hromosvod. Přestože se jedná o tyč malého průměru, jeho vliv na naměřené rychlosti větru může být překvapivě velký. Například metodika [MEASNET \(2008\)](#) uvádí, že vzdálenost mezi hromosvodem a vrcholovým anemometrem by měla být minimálně 50-násobkem průměru hromosvodu. Přestože tuto metodiku lze pro většinu aplikací považovat za příliš úzkostlivou, není radno vliv hromosvodu na naměřená data podceňovat (viz [Ukázku 3](#)). Podobně je nutno dbát například na dostatečný odstup opěrných lan, vhodné je také zamezit volnému vedení kabeláže v okolí anemometru.

Jinou "překážkou", která se typicky vyskytuje v okolí miskového anemometru, je větrná směrówka. Bohužel se mi nepodařilo najít zdroj, kde by byl vliv větrné směrówki na měření rychlosti větru důsledně analyzován, ani doporučení ohledně minimálního odstavu anemometru od větrné směrówki. Při malé vzdálenosti mezi senzory však tento vliv nejspíše nebude zanedbatelný. V případě přesného stožárového měření větru, například pro větrně energetické účely, je proto vhodné umístit větrnou směrówka do mírně odlišné výškové úrovně než anemometr (vertikální změny průměrovaného směru větru jsou podstatně menší než v případě rychlosti větru, mírný výškový rozdíl proto obvykle není na závadu). Při běžném měření větru se lze alespoň spokojit se zachováním vzdálenosti mezi senzory dle standardů výrobce.

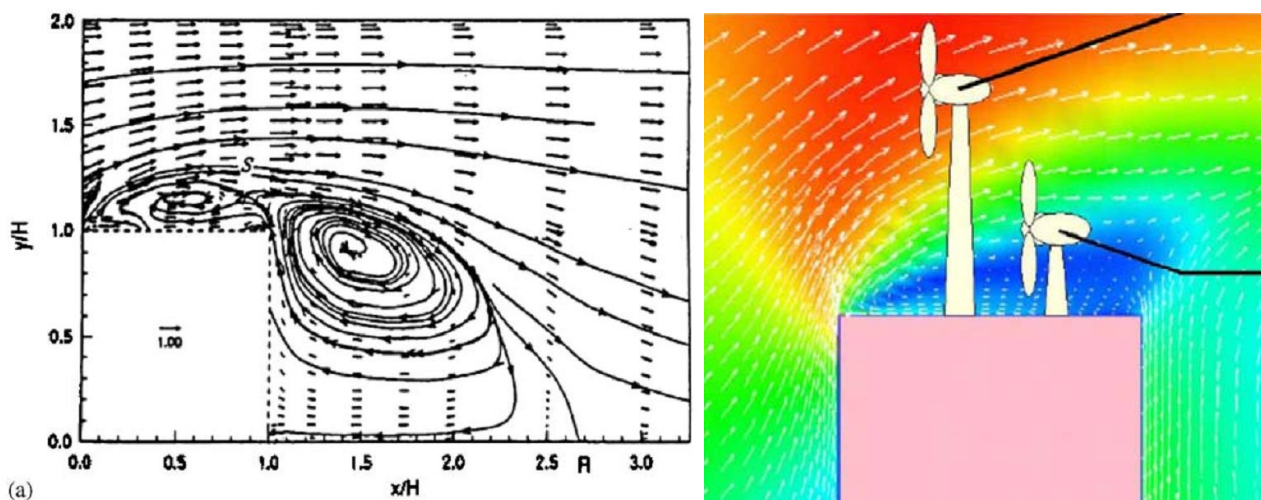
2.5 Měření větru nad střechou budovy či nad vrcholem stožáru

Oblíbeným místem pro umístění anemometru je pozice nad střechou budovy či jiné stavby, například telekomunikačního stožáru. Takový přístup má svoji logiku. Aniž by bylo nutno stavět samostatný stožár, je možné takto anemometr umístit do exponovaného místa ve velké výšce nad okolním terénem (resp. nad okolními překážkami), neboť se využívá výšky samotné stavby. Navíc se tím často zjednodušuje přístup k anemometru, ke kterému se tak lze dostat krátkým žebříkem ze střechy příslušné stavby. Zdánlivě výhodné umístění má však svoji stinnou stránku. Ačkoli to nemusí být na první pohled zřejmé, stavba nacházející se pod

anemometrem může naměřené rychlosti větru zásadně ovlivnit, a to až do poměrně velké výšky.

Proudění okolo budovy, případně okolo geometricky zjednodušené překážky či nad sídelní zástavbou, bylo podrobně zkoumáno ve značném množství prací (např. [Paterson & Colin, 1986](#), [Gao & Chow, 2005](#), [Richars & Hoxey, 2006](#), [Millward-Hopkins et al., 2012](#) a mnoho dalších). Pro tento účel je používáno metod matematického modelování, fyzikálních simulací ve větrných tunelech a případně i experimentů v terénu.

Z pohledu měření větru je důležité zejména proudění nad horní stranou objektu. Zde lze identifikovat dvě oblasti. V malé výšce nad střechou se často vytváří oblast nestabilního, vysoce turbulentního proudění, případně zde může dojít i ke vzniku trvalejší recirkulace. Konkrétní rozsah či samotná existence této oblasti a chování proudění uvnitř ní závisejí na tvaru stavby a její střechy, na směru natékajícího proudění a jeho vlastnostech. Obecně zde lze očekávat značnou proměnlivost rychlosti a směru větru, spíše nižší průměrné rychlosti a především jsou zde naměřené podmínky zcela odlišné od proudění ve volném prostředí. Nad touto oblastí se nachází původní proudění, "odtržené" od střechy budovy. Toto proudění je narušeno mnohem méně a obtéká samotný objekt včetně zmíněné turbulentní oblasti. Rychlost větru je zde ovšem zvýšená vůči nenarušenému proudění. Oblast zesíleného proudění na návětrné straně dosahuje blíže střechy budovy, dále po směru větru roste tloušťka spodní turbulentní oblasti, ale také nad ní se nacházející oblasti zesíleného proudění ([obr. 2.14](#)).



Obr. 2.14 Schématické znázornění pole větru nad budovou pravoúhlého tvaru. Zdroje: vlevo [Gao & Chow \(2005\)](#), vpravo [WINEUR \(2007\)](#).

Z hlediska umístění anemometru má prvořadý význam vyhnout se spodní turbulentní oblasti nad střechu budovy. Pokud se anemometr do tohoto prostoru dostane, pak je jeho měření víceméně bezcenné. Tloušťka této oblasti zpravidla nebývá velká, řádově zlomek šířky budovy, může se však silně lišit v závislosti na konkrétní situaci, případně podléhat chaotickým fluktuacím v čase. Proto se doporučuje, aby výška anemometru nad budovou nebyla menší, než je největší horizontální rozměr střechy budovy ([Wieringa, 1996](#), [Oke, 2006](#), [WMO, 2008](#)).

Měření prováděné nad spodní turbulentní oblastí sice již podává reálnou informaci o větrných podmínkách v okolním prostředí, stále je však ovlivněno deformací proudění obtékajícího stavbu. Především jde o nadhodnocení měřených rychlostí větru, které může být i poměrně výrazné, a které se projevuje až do značné výšky nad střechou budovy či nad

vrcholem stožáru. S ohledem na to je překvapivé, jak málo pozornosti je této problematice věnováno. Například metodika [WMO \(2008\)](#) tento problém blíže nezmiňuje, v metodice [Oke \(2006\)](#) se pouze doporučuje provedení experimentální či modelové analýzy pole proudění okolo budovy za tímto účelem. Větrně energetické standardy ([Measnet, 2008](#), [IEA, 1999](#)) možnost měření nad budovou vůbec neuvažují.

Jedinou prací s konkrétními výsledky a doporučeními, kterou se mi podařilo dohledat, zpracoval [Landberg \(2000\)](#). Stručný článek ukazuje výsledky experimentu, kdy bylo prováděno měření větru nad kontejnerem o výšce 2,6 m a v jeho sousedství. Vzhledem k asymetrickému tvaru kontejneru se nadhodnocení měřených rychlostí větru podstatně lišilo v závislosti na směru větru vůči kontejneru. Pro anemometr umístěný přibližně 1,35-násobek výšky kontejneru nad jeho horní stranou byl vítr nadhodnocen v průměru přibližně o 15 %, pro níže umístěné anemometry bylo nadhodnocení podstatně vyšší. To je ovšem dosti alarmující výsledek, protože anemometry jsou často umístovány blíže střechy budovy, než je 1,35-násobek její výšky. Ve svém článku [Landberg \(2000\)](#) taktéž ukazuje postup, jak velikost tohoto efektu přibližně simulovat modelem WAsP. Vzhledem k fyzikálně zjednodušenému principu tohoto modelu navrhuje reprezentovat budovu jako terénní vyvýšeninu o sklonu svahů 20 %.

Problém nadhodnocení měřených rychlostí větru se však týká taktéž stožárových měření větru. Tímto problémem se zabývali [Perrin et al. \(2007\)](#), kteří simulovali proudění nad vrcholem dutého stožáru modelem Fluent. Simulace prováděné při různých polohách anemometru a při různých vertikálních sklonech proudění ukázaly, že ve výšce dvou průměrů stožáru nad jeho vrcholem lze očekávat nadhodnocení měřených rychlostí větru převážně mezi 1,2 a 2 %. Teprve při umístění do výšky 5-násobku průměru stožáru klesá nadhodnocení k 1 %. Takovému výsledku odpovídá i poměrně přísné kritérium [doporučení IEA \(1999\)](#) (na které se odvolává i metodika [MEASNET \(2008\)](#)), požadující stejný vertikální odstup vrcholového senzoru od vrcholu stožáru, jako je požadovaný horizontální odstup níže umístěných anemometrů od stožáru, tedy cca 8,5-násobek jeho průměru.

Složitější je situace v případě stožárů příhradové konstrukce a zejména u stožárů, na jejichž vrcholu se nacházejí různé další objekty, například antény, zábradlí a podobně. Zde bude díky nekompaktní struktuře vrcholové části stožáru vítr nad stožárem zesílen relativně vůči průměru stožáru či vrcholové plošiny méně, přesnější odhad tohoto efektu je však prakticky nemožný.

V rámci střechy budovy či vrcholu stožáru je obecně nejvýhodnější umístění nad její návětrnou stranou či dokonce před ní (kromě jiných to naznačují i simulace [Perrina et al. \(2007\)](#)), kde je narušení proudění relativně nejmenší. Pokud však má v daném místě nezanedbatelný význam vítr z více směrů, pak je zřejmě nejlepší volbou umístit stožár doprostřed.

2.5.1 Ukázka 3: Měření větru nízko nad vrcholem stožáru a v blízkosti hromosvodu

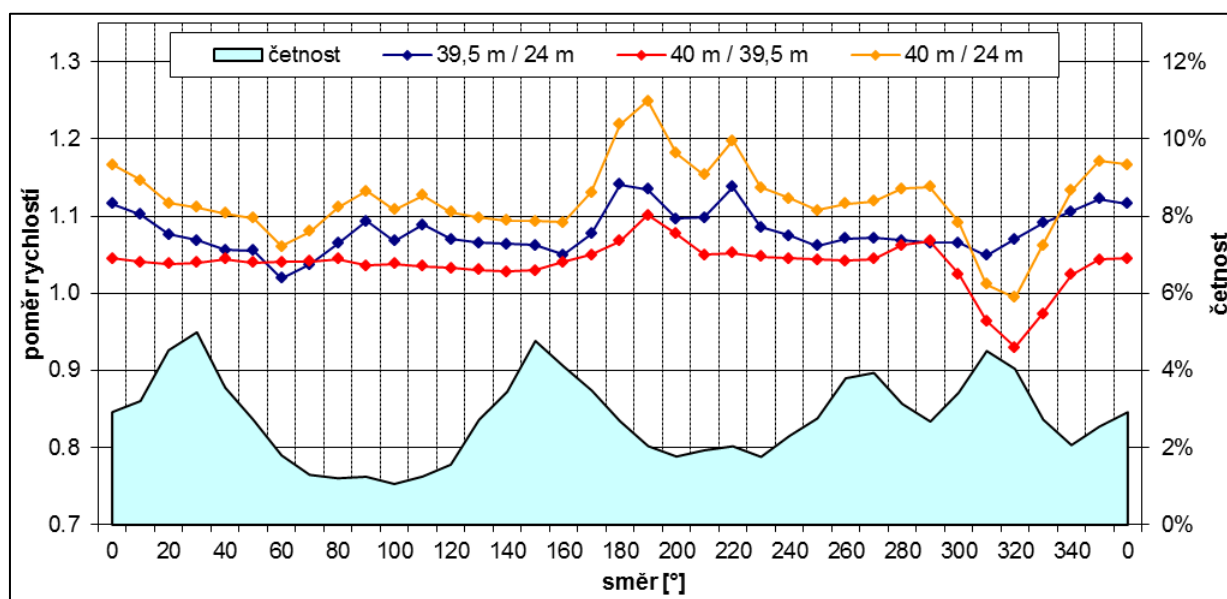
Následující příklad ukazuje měření větru na vrcholu necelých 40 m vysokého stožáru. Rychlost větru zde byla měřena dvěma anemometry, jedním po straně stožáru (**39,5 m**) a druhým, který byl centrálně umístěn nad jeho vrcholem (**40 m**). Kromě toho byla ve vrcholové části stožáru umístěna větrná směřovka a ve střední části stožáru třetí anemometr (**24 m**). Anemometry ve 39,5 m a 24 m byly směřovány přibližně severním směrem od stožáru,

vrcholový senzor se nacházel přibližně jihovýchodním směrem od hromosvodu. Průměr stožáru byl podle odhadu 15-20 cm, délka vodorovných výložníků cca 1,7 m, výška anemometru nad výstražným světlem, které tvoří vrchol stožáru, přibližně 40 cm, průměr hromosvodu necelý 1 cm, jeho odstup od anemometru přibližně 20 cm a výška hromosvodu přibližně shodná s výškou anemometru. Situaci na vrcholu stožáru dokumentují obr. 2.15.



Obr. 2.15 Měření větru na vrcholu stožáru, analyzované v Ukázce 3. Tyto fotografie jsou mimo jiné příkladem, proč je vhodné pořizovat fotodokumentaci z více stran. Pokud by byla fotografie pořízena pouze z jedné strany, představa o výškových a směrových poměrech na vrcholu stožáru by mohla být zkreslena perspektivou.

Z uvedených rozměrů je zřejmé, že délka vodorovných výložníků byla nejspíše dostatečná (cca 8,5-násobek průměru stožáru), což ovšem neplatí o vrcholovém anemometru. Zatímco dle doporučení IEA (1999) by minimální odstup vrcholového anemometru od vrcholku stožáru měl být přibližně 1,5 m, skutečný odstup byl přibližně třetinový. Dále vzdálenost mezi hromosvodem a anemometrem by měla být necelých 50 cm, zatímco ve skutečnosti byla méně než poloviční.



Obr. 2.16 Poměry mezi průměrnými rychlostmi větru v závislosti na směru větru za dobu měření (cca 1 rok) na jednotlivých senzorech na stožárovém měření větru analyzovaném v Ukázce 3.

Na základě porovnání průměrných rychlostí větru naměřených na jednotlivých anemometrech ([obr. 2.16](#)), lze identifikovat zejména tři skutečnosti:

1) Ve směrech 180 - 190° (a částečně v jejich okolí) se anemometry 39,5 m a 24 m nacházely v závětrném úplavu stožáru. Měření ve 39,5 m bylo postiženo méně (v nejvíce postižených sektorech redukce okolo 5 %, v celkové průměrné rychlosti větru přibližně -0,2 %) než měření na dolním senzoru (v nejvíce postižených sektorech redukce cca o 10 – 15 %, celkově přibližně -0,7 %), neboť horní anemometr se zřejmě nacházel již nepatrně nad vrcholem stožáru.

2) Anemometr ve 40 m se ve směrech 300 – 340° nacházel v závětrí hromosvodu a rychlost větru zde byla silně redukována. I přes malou tloušťku hromosvodu byl tento efekt celkově nezanedbatelný (v nejvíce postižených sektorech redukce cca o 10 – 15 %, celkově přibližně -1,3 %). Současně lze identifikovat relativní zvýšení rychlosti větru v přilehlých směrech a dokonce určitou asymetrii, zřejmě v důsledku horizontálního stříhu proudění. V náznaku se objevuje i zeslabení proudění při větru nabíhajícímu na hromosvod (směry 120 – 160°).

3) Projevuje se překvapivě velký rozdíl mezi naměřenými rychlostmi větru na senzorech 39,5 m a 40 m. Ty byly umístěny v přibližně shodné výšce a přibližně shodné by měly být i rychlosti větru v sektorech, které nejsou výrazně ovlivněny závětrím za stožárem či hromosvodem. Namísto toho se mezi těmito rychlostmi objevuje poměrně značný systematický rozdíl na úrovni přibližně 4 % (mimo směry výrazně ovlivněné hromosvodem či stožárem).

Poslední zmíněný problém je ze tří zjištěných skutečností nejzávažnější, neboť má největší dopad na celkovou průměrnou rychlost větru a především nelze jednoznačně určit zdroj chyby a podle toho výsledek korigovat. Podobně jako v případě systematických rozdílů mezi anemometry A a B v [Ukázce 1](#) tedy není zřejmé, zda se jedná o chybu na senzoru 39,5 m nebo na senzoru 40 m. Pokusil jsem se proto o rozbor skutečností, které mohou být příčinou tohoto rozdílu:

Nejprve jsem spočítal očekávatelný přirozený nárůst rychlosti větru s výškou mezi výškami 39,5 m a 40 m. Ten činí podle modelu WAsP (pro popis modelu viz [kapitulu 4.2.2](#)) cca 0,3 % rychlosti větru, vysvětluje tedy nepatrnou část zmíněného rozdílu.

Dále jsem zkoumal, zda se poměr mezi rychlostmi větru na senzorech ve 40 m a ve 39,5 m neměnil v průběhu času. Ukázalo se, že tento poměr byl od začátku měření do ledna 2009 zřetelně vyšší než ve zbývající době. To naznačuje možnou, avšak nepříliš výraznou nehomogenitu měření větru na jednom z těchto senzorů v lednu až únoru 2009. Pokud by první 4 měsíce měření nebyly použity, pak by se rozdíl mezi senzory snížil o dalších cca 0,3 % průměrné rychlosti větru.

Podrobnější analýzou naměřených dat bylo také zjištěno, že rozdíly mezi senzory byly systematicky výrazně vyšší při nejnižších rychlostech větru. Toto chování je přibližně v souladu s výsledky kalibrace anemometrů provedené před začátkem měření i po něm. Kalibrační protokoly naznačují zvýšenou chybovost senzorů při nízkých rychlostech, konkrétně mírné nadhodnocování rychlostí větru na anemometrech 24 m a 40 m. U vyšších rychlostí větru závěry kalibrace senzorů žádné významnější systematické rozdíly mezi anemometry nenaznačují.

Pokud se tedy vezmou v úvahu pouze rychlosti větru 5 m/s a vyšší v období od února 2009 dále, pak činí systematický rozdíl přibližně 2,7 %, z čeho přibližně 0,3 % spadají na vrub předpokládaného nárůstu rychlosti větru s výškou. Zbývá tedy vysvětlit rozdíl ve výši zbývajících 2,4 % rychlosti větru. To by mohlo být způsobeno nepřesnostmi použitých senzorů, což se však s ohledem na dostupné výsledky kalibrace jeví jako nepravděpodobné.

Pravděpodobnějším vysvětlením tedy je, že rychlost větru na senzoru ve 40 m byla nadhodnocená z důvodu umístění anemometru příliš nízko nad vrcholem stožáru. Přesnou velikost tohoto nadhodnocení lze jen odhadovat, zřejmě činí okolo 2 %. To by bylo mírně nad výsledky simulace [Perrina et al. \(2007\)](#), který ve výšce 3-násobku průměru stožáru očekává nadhodnocení nepatrně nad 1,3 %. Nelze vyloučit, že zde mohlo hrát roli například jiné zakončení vrcholu stožáru než bylo simulováno [Perrinem et al. \(2007\)](#).

2.5.2 Ukázka 4: Odhad nadhodnocení rychlosti větru nad typizovanou meteorologickou stanicí podle metodiky [Landberga \(2000\)](#)

Umístění anemometru nad střechou budovy je (nebo alespoň bylo) častou praxí v síti profesionálních meteorologických stanic v České republice. Zejména v období před automatizací se prakticky nelze bez takto umístěných měření větru obejít, neboť nejlepší na našem území běžně užívané přístroje té doby, univerzální anemografy Metra, byly umístěovány převážně tímto způsobem. Proto je důležité se pokusit o odhad, do jaké míry byla tato měření díky své pozici ovlivněna.

Pokusil jsem se tedy alespoň o přibližný odhad pomocí modelu WAsP dle metodiky doporučené [Landbergem \(2000\)](#). Vycházím z toho, že model WAsP by při respektování příslušného empiricky podloženého doporučení měl dávat výsledky blízké realitě.

Odhad nadhodnocení měřené rychlosti větru bylo provedeno pro typickou profesionální meteorologickou stanicí ze série stanic postavených v 50. letech 20. století. Konkrétní předlohou byla meteorologická stanice Kuchařovice ([obr. 2.17](#)). Přibližně podle stejného vzoru však byly postaveny taktéž stanice Churáňov, Lysá Hora, Přimda, Červená a Nedvězí (výčet nemusí být úplný, například stanice Nedvězí byla z profesionální sítě již vyřazena). Tyto stanice mají podobu dvoustupňové pyramidy, skládající se z širšího přízemí o půdorysu přibližně 12 × 12 m a z prvního poschodí (pozorovatelný) o půdorysu přibližně 6 × 6 m. Střecha přízemí se nachází přibližně ve výšce 4 m nad terénem, střecha horního poschodí přibližně 7 m nad terénem a měření větru je prováděno přibližně ve výšce 10 m nad terénem. (Tyto rozměry byly odhadnuty na základě fotografie a nemusejí být přesné; například [Coufal \(1963\)](#) pro stanicí Churáňov uvádí, že "čidla větroměrného přístroje jsou umístěna asi 3 m nad střechou stanice (tj. 11 m nad terénem)", což by znamenalo celkovou výšku budovy 8 m). Vzhledem k nepřesnosti samotného výpočtu a jeho spíše demonstrativnímu účelu však tyto nepřesnosti nepovažuji za podstatné.



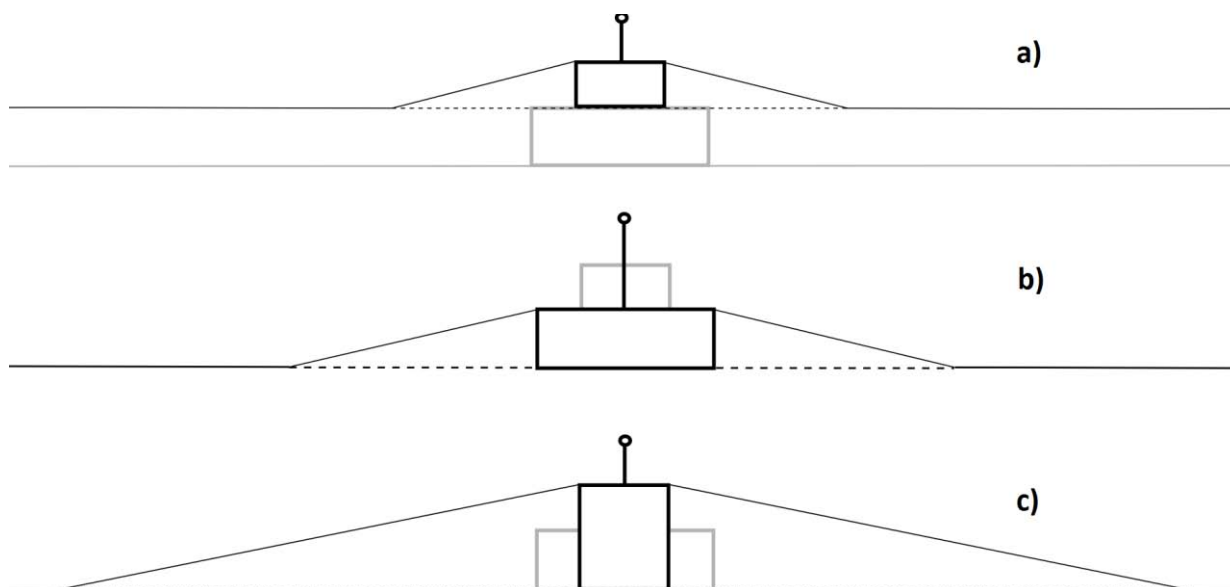
Obr. 2.17 Foto stanice Kuchařovice. Tato stanice byla použita jako předloha "typizované" profesionální meteorologické stanice. Vedle umístění anemometru nad střechou domu lze očekávat ovlivnění naměřených větrných podmínek lesním porostem v pozadí (tento potenciálně značný vliv je zde limitován nízkou četností proudění ve směru od lesa), blízkými stromy, vlastním měřícím stožárem a sousedním anemometrem.

Závažnější komplikací při aplikaci použité metodiky je pyramidální tvar budovy. Tento tvar je z hlediska ovlivnění naměřených hodnot nejspíš výhodnější, než by byla stanice tvaru kvádrů o stejné celkové výšce. Díky menší rozloze horního patra a svažující se střeše zřejmě nebude běžně docházet k tomu, aby se anemometr dostával do turbulencí vyvolaných samotnou stavbou, menší bude nejspíše i zesílení větru nad střechou. Při aplikaci metodiky dle [Landberga \(2000\)](#) jsou v zásadě tři možnosti ([obr 2.18](#)):

a) může být uvažován pouze vliv horního patra. Stanice je nahrazena "výšinou" o sklonu svahů 1:5 se základnou ve výšce střechy přízemí, výškou 3 m a plochou vrcholové plošiny 6×6 m.

b) může být uvažován pouze vliv dolního patra. Stanice je nahrazena "výšinou" o sklonu svahů 1:5 se základnou ve výšce zemského povrchu, výškou 4 m a plochou vrcholové plošiny 12×12 m.

c) může být uvažována plná výška budovy. Stanice je nahrazena "výšinou", jejíž vrcholová plošina odpovídá rozloze horního patra, tedy 6×6 m, zatímco výška odpovídá výšce celé budovy (tedy 7 m). Sklon svahů je opět standardních 1:5, simulovaná "výšina" je proto celkově největší.



Obr. 2.18 Schématický náčrt tří variant nahrazení budovy meteorologické stanice terénní vyvýšeninou.

Pro tyto tři možnosti byla provedena simulace modelem WASP. Cílem nebylo zjišťovat konkrétní rychlosti větru, ale pouze míru simulovaného "oroграфického" zesílení větru nad fiktivní "výšinou". Tyto hodnoty lze přímo odečíst v programu WASP.

Výpočet byl proveden pro anemometr umístěný do středu půdorysu budovy, který je uvažován přesně čtvercového tvaru. Byly testovány různé výšky anemometru, od 2 m až po 10 m nad střechou budovy. U varianty b) je nutno v modelu přičíst 3 m, neboť vrchol výšiny odpovídá střeše přízemí, anemometr je však umístěn až nad horním patrem.

výška nad střechou (nad zemí)	a) jen horní část	b) jen dolní část	c) horní část, plná výška
2 m (9 m)	32,2 %	17,1 %	58,4 %
3 m (10 m)	22,2 %	14,5 %	42,1 %
4 m (11 m)	16,7 %	12,5 %	33,2 %
5 m (12 m)	13,1 %	10,9 %	27,4 %
7 m (14 m)	8,7 %	8,4 %	20,1 %
10 m (17 m)	5,2 %	6,0 %	14,0 %

Tab. 2.2 Simulované nadhodnocení rychlosti větru nad typizovanou budovou meteorologické stanice.

Výsledky simulace shrnuje [tab. 2.2](#). V obvyklé výšce 3 m nad střechou budovy (10 m nad zemí) dává ze všech tří variant nejmenší zesílení větru varianta b), kdy je uvažována pouze přízemí, což souvisí se skutečností, že anemometr je v simulaci umístěn do dvojnásobné výšky nad "střechou" než v ostatních případech. Vyšší hodnotu dává varianta a), kdy je anemometr nad "malým" horním patrem a zdaleka největší číslo vychází při simulaci plné výšky budovy. S

rostoucí výškou nad střechou míra zesílení proudění klesá, avšak ještě ve výšce 7 m nad střechou lze zřejmě očekávat nadhodnocení o 5 – 10 %.

K provedeným simulacím je potřeba přistupovat s obezřetností. V první řadě výsledek této simulace závisí především na výšce "budovy" a na výšce anemometru nad její střechou, zatímco její horizontální rozměry hrají podružnou roli. Ve skutečnosti však bude silně záležet také na horizontálním rozměru budovy ve směru kolmém k nabíhajícímu proudění. Landberg (2000) svoji metodiku založil na experimentu, kdy je vertikální rozměr budovy srovnatelný či menší než rozměry horizontální a proudění vzduchu je tedy nuceno budovu převážně přetékat. Takto funguje i samotný model WAsP. U štíhlejších staveb však bude docházet ve velké míře k jejich obtékání po stranách a zesílení větru nad střechou bude zřejmě nižší. Z tohoto důvodu je varianta c) nejspíš silně nadhodnocená.

U variant a) a b) hodnocení výsledku není jednoznačné. V případě varianty a) je otázkou, jaký bude mít dopad skutečnost, že je uvažován "povrch" posunutý do výšky střechy přízemí. Na jednu stranu by to mohlo vést k nadhodnocení výsledku, protože se opět podceňuje možnost obtékání překážky, na druhou stranu není zohledněna skutečnost, že proudění natékající na horní patro je již samo zesíleno díky přetékání širšího přízemí.

Varianta b) je relativně nepřehlednější a zřejmě ukazuje dolní hranici toho, kde se může pohybovat skutečnost. Jde o budovu "placatou", kde její nahrazení terénní vlnou je nejméně vzdálené od reality, a anemometr je relativně vysoko nad její střechou, její samostatné působení proto může být simulováno přibližně realisticky. Nad rámec toho však zřejmě dochází ještě k dalšímu zesílení proudění způsobeného existencí horního patra.

Výsledky provedeného odhadu tedy naznačují, že rychlosti větru naměřené anemometrem ve výšce 3 m nad střechou typizované "pyramídální" budovy meteorologické stanice mohou být nadhodnoceny řádově o 15 - 20 % ve srovnání s nenarušeným prouděním, jaké by mohlo být zjištěno například samostatně stojícím stožárem. Tento odhad se vztahuje k objektům na volném prostranství; pokud se budova nachází v lese, v zástavbě či v blízkosti významných překážek, pak bude nadhodnocení výsledku zřejmě menší. Je také možné, že u meteorologických stanic s výrazně turbulentním prouděním bude toto nadhodnocení měřených rychlostí větru nižší. Obojí se týká mnohých ze zmíněných stanic, neboť ty se zpravidla nacházejí v lese nebo aspoň v jeho sousedství.

Je zřejmé, že provedený odhad je pouze přibližný. Pro získání přesnějšího čísla by bylo nutno použít prostředky detailní numerické či fyzické simulace proudění ve větrném tunelu, případně výsledky ověřit experimentem. Zde provedený přibližný odhad nicméně jasně naznačuje, že problém nadhodnocení měřených rychlostí větru nad střechami budov může být dosti závažný. Nejde totiž pouze o zmíněné stanice z 50. let 20. století. Nad střechami budov probíhalo či probíhá měření i v řadě dalších případů, kdy se navíc obvykle jedná o klasické budovy tvaru krychle či kvádrů. V těchto případech může být zesílení větru nad střechou ještě větší. Vzhledem k relativně větší ploše střechy zde ale nelze vyloučit také občasné ovlivnění naměřených hodnot turbulencemi či závěťtím způsobenými vlastní budovou, což může vést naopak k občasnému podhodnocování rychlostí větru.

2.6 Vliv překážek v okolí místa měření

Větrné podmínky v místě měření mohou být silně ovlivněny překážkami nacházejícími se v jeho blízkém okolí. Z tohoto pohledu lze rozlišit tři situace:

i) V okolí měření (nikoli v jeho bezprostřední blízkosti) se nachází malý počet geometricky jednoduchých překážek. To je typicky případ stanice na letišti, kde jsou překážkami letištní hangáry, nebo měření na zemědělském prostranství, které je rozčleněno větrolamy, případně malými remízky. V těchto případech lze hodnotit vliv jednotlivých překážek jako samostatných objektů (v krajním případě včetně důsledků jejich vzájemné interakce) a tímto způsobem dojít k alespoň přibližně relevantním výsledkům.

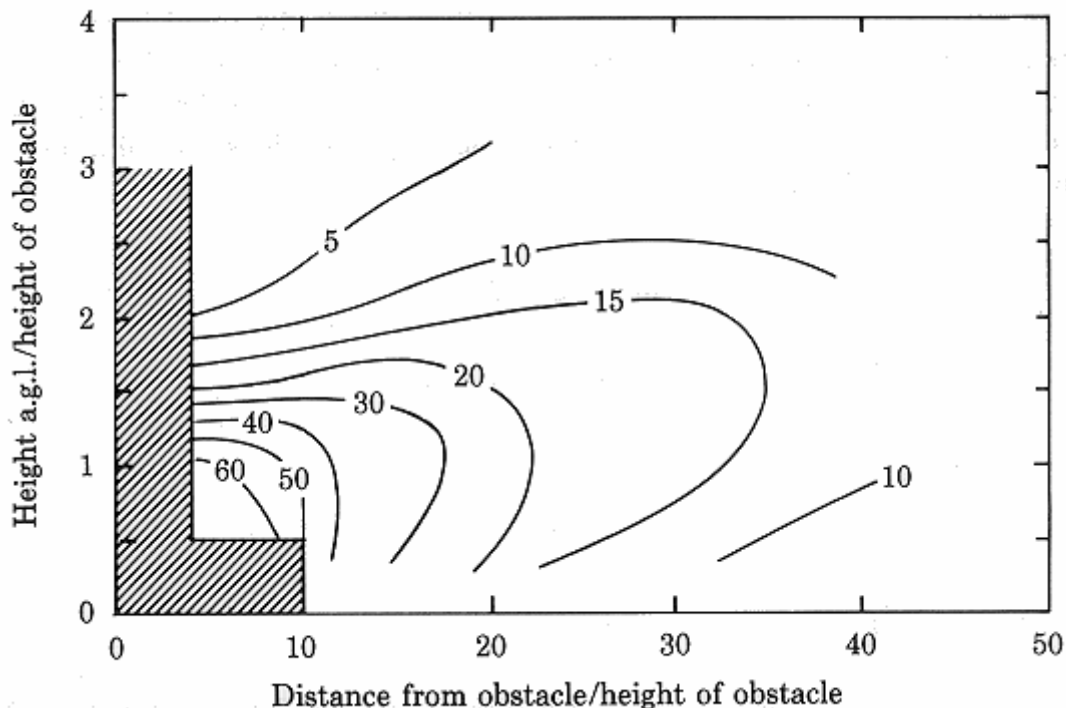
ii) V okolí měření se nachází větší počet překážek, jejichž vlivy se navzájem kombinují či překrývají, případně se jedná o překážky nestandardního charakteru nebo o překážky v malé vzdálenosti od místa měření. Současně se však nejedná o souvislou strukturu překážek. Typicky jde o měření na meteorologické stanici přidružené k obytnému stavení se zahradou, k hospodářským stavbám apod. V tomto případě přístup založený na hodnocení jednoduchých překážek selhává, současně však není možný ani "plošný" pohled na pole těchto překážek. Vliv překážek na větrné podmínky lze odhadovat jedině na základě matematického či fyzikálního modelování, případně použít empiricky založený odhad.

iii) V okolí měření se rozprostírá souvislá struktura překážek. Jde například o měření v lese či uvnitř sídelní oblasti, případně na jejich okraji. V tomto případě lze (při menším či větším zjednodušení) považovat okolní překážky za plošnou "vlastnost" okolní krajiny. Tato situace bude diskutována v rámci [kapitoly 2.7](#).

Pokud jde o hodnocení vlivu jednoduchých překážek na pole proudění vzduchu, asi největší pozornost byla zejména v minulosti věnována větrolamům. Důvod pro tento zájem pochází ze zemědělství s ohledem na význam větrolamů, jakožto faktoru omezujícího větrnou erozi a zlepšujícího lokální mikroklimatické podmínky (v české literatuře lze nalézt například historickou experimentální studii [Stružky & Uhlíře \(1952\)](#), která obsahuje řadu výsledků měření větrných podmínek v blízkosti větrolamů v Bulharsku). Vedle původního účelu výsledky těchto studií mohou poskytovat i užitečnou informaci o tom, do jaké míry bude větrolam ovlivňovat naměřené rychlosti větru na stanici umístěné v jeho okolí.

Klasický je článek [Perery \(1981\)](#), který na základě simulací ve větrném tunelu sestavil model, jak bude proudění vzduchu narušeno v závětrí dvourozměrné překážky. Tato překážka, která může představovat například větrolam nebo velmi dlouhou budovu, je určena svojí výškou a tzv. porozitou, která je definována jako podíl "děr" v překážce vůči její ploše. Příklad, jak bude na základě výsledků [Perery \(1981\)](#) zeslabeno proudění za kompaktní a nekonečně dlouhou dvourozměrnou překážkou, ukazuje [obr. 2.19](#). Z tohoto přibližného znázornění je zřejmé, že k citelnému zeslabení proudění dochází i v poměrně velké vzdálenosti za překážkou a současně ve výškách i několikanásobně přesahujících výšku samotné překážky. Například za 10 m vysokou dlouhou budovou (zdí) lze ve vzdálenosti 100 m a výšce 10 m očekávat pouze poloviční rychlost větru oproti neovlivněnému proudění a ještě ve vzdálenosti 400 m bude vítr zeslaben o 10 – 15 %. Rychlost větru je ale ovlivněna i ve výškách podstatně převyšujícími výšku překážky, například ve vzdálenosti 200 m za touto překážkou lze v trojnásobku výšky

překážky (ve výšce 30 m) čekat redukcí rychlosti větru o 5 %. Složitější je situace v bezprostřední blízkosti překážky, kde bude záležet na jejím přesném tvaru. Například, jak bylo diskutováno v předchozí kapitole, v malé vzdálenosti za překážkou nad úrovní její horní hrany bude rychlost větru proti nenarušenému proudění spíše zvýšená. V případě porézní překážky (typicky větrolam s mezerami mezi stromy) bude redukce rychlosti větru nižší, stále však na nezanedbatelné úrovni. Současně s redukcí rychlosti větru dochází v závětrí překážky i k nárůstu turbulence.



Obr. 2.19 Zeslabení proudění vzduchu (v procentech rychlosti větru) za kompaktní a nekonečně dlouhou dvourozměrnou překážkou podle práce [Perery \(1981\)](#). Ve šrafované oblasti vliv překážky silně závisí na její přesné geometrii a nelze jej dobře zobecnit. Zdroj: [Troen & Petersen \(1989\)](#).

Na základě těchto výsledků byl sestaven model ovlivnění větru překážkami používaný v rámci programu WASP ([Troen & Petersen, 1989](#)). Použití tohoto zjednodušeného modelu na jakékoli překážky je však předmětem kritiky (např. [Taylor & Salmon, 1993](#)). Použitý model například vychází z předpokladu nekonečné délky překážky, zatímco u většiny reálných překážek je jejich horizontální rozměr limitovaný. Typicky se jedná o budovy, jednotlivé stromy či skupiny stromů, u kterých je nutno počítat i s obtékáním po stranách. Redukce rychlosti větru v jejich závětrí je pak menší a obecně se bude snižovat s klesajícím poměrem šířky překážky ku její výšce ([Brunskill & Lubitz, 2012](#)). Nalezení jednoduchého pravidla pro tyto případy není snadné, neboť konkrétní vliv "třírozměrné" překážky na pole proudění bude silně záviset na její přesné geometrii a směru natékajícího proudění.

Ještě složitější situace nastává, pokud se jedná o větší počet různých překážek, případně o překážky "nestandardních" tvarů, jako jsou například stromy nebo komplikovanější či výškové stavby. V takovém případě není možno stanovit nějaká univerzální pravidla a obtížný může být i pokus o věrohodnou simulaci pole proudění. Zde by mohl být prospěšný alespoň soubor

přibližných empiricky a modelově ověřených pravidel pro orientační zhodnocení těchto vlivů, relevantní studii na toto téma se mi však nepodařilo nalézt.

Vzhledem k tomu, že vliv okolních překážek na naměřené rychlosti větru může být poměrně značný a přitom dosti obtížně kvantifikovatelný, je ve většině aplikací žádoucí umísťovat měření větru tak, aby bylo co nejvíce vzdáleno od objektů, které mohou nějakým způsobem modifikovat pole větru. Podle [doporučení WMO \(2008\)](#) by měla být vzdálenost mezi anemometrem a jakoukoli překážkou nejméně 10-násobkem výšky překážky. Pokud takové umístění není možné, měl by být anemometr umístěn do takové výšky, aby bylo ovlivnění alespoň tímto způsobem snižené. Optimální je umístění anemometru takovým způsobem, aby naměřená rychlost větru pokud možno odpovídala rychlosti větru, jaká by byla naměřena ve výšce 10 m, pokud by v okolí anemometru žádná překážka nebyla.

Jak vyplývá z [obr. 2.19](#), ani vzdálenost odpovídající 10-násobku výšky překážky není zárukou, že z příslušného směru nebude proudění vzduchu překážkou zásadně ovlivněno. Tuto vzdálenost lze chápat spíše jako minimální požadavek na umístění měření, vynucený praktickými obtížemi při hledání vhodných míst pro meteorologické stanice. Pokud je to možné, pak je žádoucí umísťovat měření větru do podstatně větší vzdálenosti od překážek, a to zejména v převládajících směrech proudění. Například [Brower et al. \(2012\)](#) doporučuje umísťovat měření ve vzdálenosti nejméně 20-násobku výšky překážky či ve výšce větší než je 2- až 3-násobek výšky překážky. Podle nápoředy modelu WAsP (www.wasp.dk) je třeba brát v úvahu překážky do vzdálenosti odpovídající 30-násobku jejich výšky.

2.7 Měření v lese či v sídelní oblasti

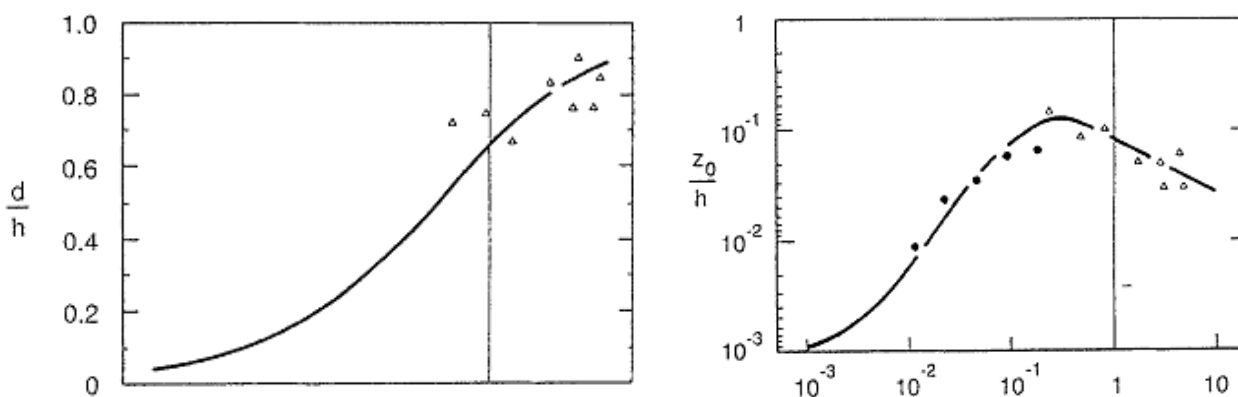
Specifickým případem jsou území, kde se "překážky" pro proudění vzduchu vyskytují v takovém množství, že více či méně souvisle pokrývají krajinu. Může se jednat například o lesní porosty, ale také o jiné vegetační formace, např. ovocné sady, o sídelní zástavbu a podobně. V takovém případě je původní proudění vzduchu v blízkosti zemského povrchu prakticky eliminováno a nemá smysl jej vůbec uvažovat. Větrné podmínky v prostoru mezi či pod jednotlivými objekty (překážkami) jsou od podmínek ve větších výškách nad povrchem do značné míry odtržené a vyznačují se výskytem nejrůznějších chaotických vírů a místních (re)cirkulací. Pro studium regionálně reprezentativních větrných podmínek je potom relevantní pouze proudění vzduchu v dostatečné výšce nad úrovní překážek.

Relativně nejjednodušší situace, a současně jediná, kterou lze obecně popsat, nastává tehdy, pokud má struktura jednotlivých elementů (stromy v lese, budovy v zástavbě ap.) přibližně homogenní charakter. Musí mít tedy přibližně srovnatelnou výšku a vzájemné rozestupy, což je typicky případ souvislého lesa.

Proudění vzduchu nad lesními porosty bylo a je předmětem četných studií. Standardně je používáno konceptu tzv. *výšky posunutí* ("displacement height"). Zatímco v otevřené krajině je vertikální profil rychlosti větru vztahován k povrchu země a jeho průběh závisí na parametru drsnosti zemského povrchu, nad souvislým porostem je proudění vzduchu vztahováno k povrchu "posunutému" do určité výšky nad zem, typicky do úrovně korun stromů. Ve výšce

posunutí lze uvažovat počátek vertikálního profilu rychlosti větru, ten je však ve své spodní části pouze fiktivní. Prostor, nacházející se v úrovni korun stromů a do určité výšky nad jejich vrcholy je označován jako *drsnostní podvrstva* ("roughness sublayer") a v tomto prostoru je odhad skutečných větrných podmínek značně problematický. Proudění vzduchu se zde vyznačuje zvýšenou intenzitou turbulence a zesíleným stříhem větru. Teprve nad drsnostní podvrstvou sleduje vertikální profil větru podobné zákonitosti jako nad skutečným zemským povrchem umístěným ve výšce posunutí.

Určení správných hodnot výšky posunutí, parametru drsnosti nad lesem a tloušťky drsnostní podvrstvy není triviální. V nedávné literatuře se nejčastěji vychází z práce [Raupacha \(1994\)](#), který odvozuje hodnoty parametru drsnosti a výšky posunutí podle výšky lesa a jeho hustoty definované indexem A ("canopy area index") ([obr. 2.20](#)).



Obr. 2.20 Závislost výšky posunutí d (vlevo) a parametru drsnosti z_0 (vpravo) na hodnotě "canopy area index" A za typických atmosférických podmínek podle [Raupacha \(1994\)](#). Hodnoty jsou uváděny relativně vůči výšce porostu h . Zdroj: [Raupach \(1994\)](#).

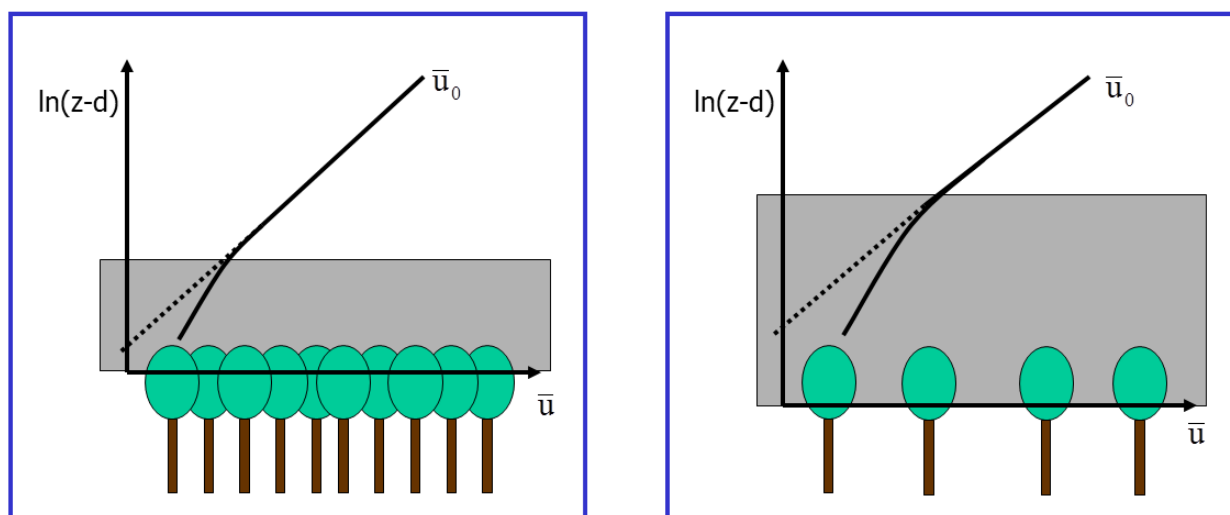
Namísto indexu A uvažovaného [Raupachem \(1994\)](#) je ovšem častěji používán index λ ("frontal area index"), kdy pro izotropní porost platí $A = 2\lambda$. Index λ je definován jako poměr plochy vegetačních elementů (například stromů) orientované kolmo ke směru větru vůči ploše zemského povrchu, tedy například $\lambda = bh / D^2$, kde b je šířka tohoto elementu, h jeho výška a D rozestup mezi elementy. Ukázku jeho výpočtu lze nalézt například ve studii [Jasinski & Crago \(1999\)](#). Pro běžné lesní porosty se pohybuje typicky mezi 1 a 10; pro takové lesní porosty lze tedy uvažovat výšku posunutí okolo 80 % výšky lesního porostu a parametr drsnosti okolo 5 % až 10 % výšky porostu. Jiné práce (např. [Verhoef et al., 1997](#)) navrhují mírně odlišné parametry Raupachova modelu, zpravidla ve prospěch poněkud nižších hodnot výšky posunutí (typicky mezi 65 % a 80 % výšky lesních porostů), v základním principu však lze Raupachův model považovat za obecně akceptovaný.

Při porovnání obou parametrů pro různě husté porosty je zřejmé, že spolu se zvyšováním hustoty porostu, a tedy indexu λ (A) relativní výška posunutí systematicky roste. V případě parametru drsnosti je průběh komplikovanější. Při velmi nízké hustotě porostů (například rozptýlené křovinaté formace) relativní hodnota parametru drsnosti s rostoucí hustotou porostu roste, v rámci souvislejších porostů však od určité úrovně spíše klesá ([obr. 2.20](#)).

Ještě problematičtější může být stanovení vertikálního rozsahu drsnostní podvrstvy. Z hlediska měření větru se přitom jedná o dosti zásadní parametr, neboť větrné podmínky

naměřené uvnitř tohoto prostoru nelze snadno zobecnit či korigovat na základě profilu větru vycházejícího z výše diskutovaného modelu. Rozsah drsnostní podvrstvy je v různých pracích odhadován dosti odlišně (například viz [Verhoef et al., 1997](#)). V nedávných publikacích (např. [Harman & Finigan, 2007](#)) je nejčastěji uvažováno, že tato podvrstva dosahuje do výšky trojnásobku výšky lesního porostu. V úrovni dvojnásobku výšky lesního porostu nad jeho korunami lze z tohoto pohledu již očekávat nenarušené podmínky ([Foken, 2008](#)). To je ovšem výrazné zjednodušení, neboť výška drsnostní podvrstvy a chování proudění vzduchu uvnitř tohoto prostoru závisí na vlastnostech porostu a dále mimo jiné na stabilitě atmosféry. V principu lze například očekávat větší tloušťku drsnostní podvrstvy nad řídkými porosty s vyšším parametrem drsnosti než nad hustými porosty o stejné výšce ([obr. 2.21](#)). Například [Oke \(2006\)](#) uvádí pro sídelní oblasti (ke kterým lze přistupovat podobně jako k lesním porostům) výšku drsnostní podvrstvy na úrovni od 1,5-násobku výšky zástavby pro hustou zástavbu po 4-násobek výšky zástavby pro zástavbu řídkou.

Vzhledem k proměnlivé výšce jednotlivých stromů v rámci lesního porostu nemusí být ani určení výšky lesa úplně jednoznačné. V tomto ohledu například [Foken \(2008\)](#) doporučuje považovat za rozhodující výšku 10 % nejvyšších objektů (stromů).

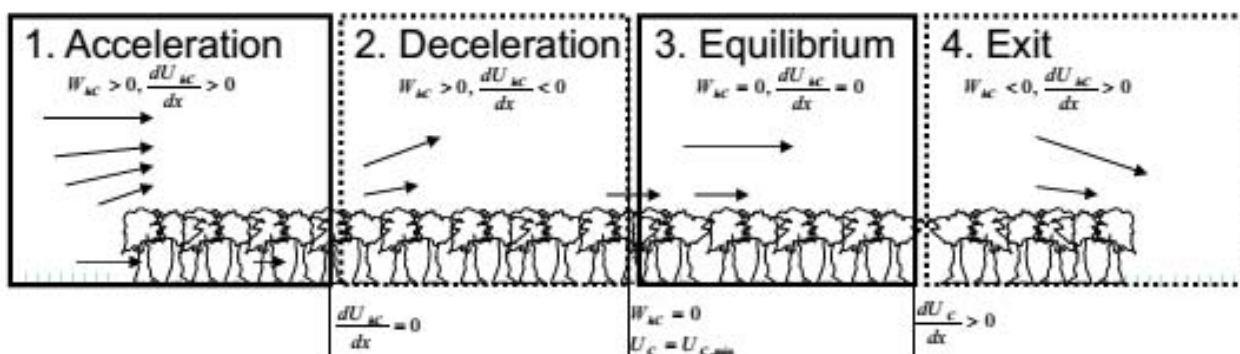


Obr. 2.21 Schématické znázornění vertikálního profilu větru v hustém a řídkém porostu. Řidší porost o stejné výšce (vpravo) vede ke snížení výšky posunutí, zvýšení parametru drsnosti a zvýšení tloušťky drsnostní podvrstvy (vyznačené šedě). Zdroj: [Dellwik et al. \(2004\)](#)

Dosud byl uvažován pouze nejjednodušší případ souvislého porostu v rovinném terénu. Reálně ovšem do uvedených vztahů vstupuje taktéž faktor orografie. Specificky se navíc proudění chová na okrajích porostu a v jeho sousedství (tedy mimo porost). V těchto případech nezbyvá než se spolehnout na prostředky numerického či fyzikálního modelování, je však nutno počítat s tím, že i takto zjištěné výsledky mohou být postiženy značnou nejistotou.

Například [Dellwik et al. \(2010\)](#) zkoumali chování proudění nedaleko okraje porostů, s důrazem na vyvolanou vertikální složku proudění ([obr. 2.22](#)). Okolo svých okrajů se les v zásadě chová jako terénní zlom, avšak s tím rozdílem, že vysoká drsnost povrchu lesa vede k postupnému poklesu rychlosti větru až do dosažení přibližně rovnovážného stavu (výjimku může tvořit lokální zesílení proudění nad jeho návětrnou a závětrnou hranou). S výrazným

narušením proudění je nutno počítat též v malé vzdálenosti před a až do značné vzdálenosti za lesním porostem.



Obr. 2.22 Schématické znázornění proudění vzduchu nad různými částmi lesního porostu. Zdroj: Dellwik et al. (2010)

Poznatky, které byly výše uváděny pro lesní porosty, lze do značné míry aplikovat taktéž pro oblasti sídel. Zde je však situace obvykle ještě více komplikovaná heterogenitou sídelních struktur. Sídelní oblasti jsou často tvořeny směsí různě vysokých a různě hustě rozmístěných budov a stromů, a volných ploch. Definovat odpovídající úroveň výšky posunutí či parametru drsnosti je proto obvykle obtížné, v případě častého střídání typu zástavby nebo výskytu výškových budov prakticky nemožné.

Pokud je cílem měření větru získání regionálně reprezentativních výsledků, pak je nejlépe se lokalitám v lese a v jeho okolí vyhnout, stejně jako lokalitám v prostoru či na okraji sídel. Pokud to není možné, pak je vhodné umístit měření pokud možno nad úroveň drsnostní podvrstvy. To ovšem může vyžadovat nereálně velkou výšku měření. Například [Dalpé & Masson \(2007\)](#) doporučují umístění měření do výšky nejméně 5-násobku výšky lesního porostu nad lesní porost (nutno poznamenat, že k této úloze přistupují z rigorózního pohledu využití naměřených dat ve větrné energetice).

Výjimkou jsou měření, kdy je cílem zjištění lokálně reprezentativních podmínek nad lesním porostem či nad městem. I v tomto případě je však vhodné provádět měření s dostatečným odstupem od jednotlivých objektů. [Oke \(2006\)](#) pro měření větru v sídelních oblastech doporučuje:

- v řídké zástavbě provádět měření dle běžných norem, tedy ve výšce 10 m a s minimálním odstupem od okolních překážek na úrovni alespoň 10-násobku výšky překážky. Nejbližší překážky by přitom neměly přesahovat výšku 6 m
- v husté zástavbě provádět měření ve výšce 10 m nebo ve výšce více než 1,5-násobku výšky zástavby (použít vyšší hodnotu)
- v případě výskytu ojedinělých výškových budov se vyvarovat míst, která se nacházejí v jejich závětrí při převládajících směrech větru
- v oblasti s hojným výskytem výškových budov není možné dosáhnout reprezentativního výsledku.

Současně [Oke \(2006\)](#) upozorňuje, že pro získání lokálně reprezentativního měření je nutné, aby se anemometr nacházel v prostoru tzv. vnitřní mezní vrstvy, která se postupně vytváří nad

povrchem o změně drsnosti. Tloušťka této vrstvy plynule roste od místa změny drsnosti. Sklon její horní hranice závisí na stabilitě zvrstvení a drsnosti terénu a může se pohybovat od 1:10 při instabilním zvrstvení až po 1:500 při zvrstvením stabilním. Při neutrálním zvrstvení je nad sídlem vhodné uvažovat sklon 1:100. Může být proto obtížné najít takovou výšku, aby proudění nebylo nadměrně ovlivněno lokálními objekty a současně aby se měření nacházelo po převážnou dobu uvnitř vnitřní mezní vrstvy odpovídající podmínkám lokálního prostředí.

2.8 Další okolnosti ovlivňující výsledky měření větru

Vedle vlivů souvisejících s umístěním anemometru a překážkami v jeho blízkém okolí mohou být výsledky měření větru ovlivněny nepřebernou řadou dalších okolností.

V prvé řadě nelze opomenout vlivy související s umístěním měřících stanice v terénu. I při absenci překážek v jejím bezprostředním okolí je nutno zhodnotit, do jaké míry je dané místo reprezentativní pro účel, ke kterému bylo měření navrženo či použito (viz [kapitulu 2.1](#)). V tomto ohledu jde především o vlivy okolní orografie a drsnosti terénu. Vyhodnocení těchto vlivů na naměřená data je, zvláště v případě komplikovaných orografických podmínek, komplexní úlohou, pro jejíž řešení lze použít prostředky matematického modelování (viz [kapitulu 4](#)).

Přesnost a důvěryhodnost naměřených dat může být negativně ovlivněna řadou okolností souvisejících se samotným měřením větru. V prvé řadě jde přesnost použitých přístrojů, jejich spolehlivost a odolnost vůči povětrnostním vlivům, a o pečlivost a pravidelnost jejich údržby či výměn.

I při optimální péči se někdy nelze vyhnout nepřesnostem vyplývajícím z použitého principu měření. Známy je například problém "overspeedingu" miskového anemometru, tedy nadhodnocování rychlostí větru při turbulentním proudění (např. [Busch & Kristensen, 1976](#)). Tento problém je zřejmě komplexnější a ve většině případů méně zásadní, než se původně předpokládalo ([Kristensen, 1999](#)). Naopak nemalé nepřesnosti měření miskovým anemometrem mohou vznikat při výskytu významné vertikální složky větru (např. [Papadopoulos et al., 2001](#)). Nepřesnostem vyplývajícím z principu měření se nelze vyhnout ani u ostatních typů anemometrů. U pokročilých senzorů mohou být tyto nedostatky částečně úpravami konstrukce přístrojů či použitým software, zejména v druhém případě pak ovšem výsledky měření získávají charakter "černé skříňky".

Celkově nepřesné výsledky lze samozřejmě očekávat u přístrojů poškozených vnějšími vlivy. K tomu může dojít z různých příčin, například úderem blesku, krupobitím, pádem námrazy, lidským zaviněním či působením živé přírody. Například od jednoho majitele měřícího stožáru jsem byl informován o poškození přístroje "útoky dravého ptáka". V případě zjištění poškození je důležité nalézt okamžik, kdy k němu došlo, aby bylo možno identifikovat data takto postižená. Užitečným pomocníkem může být existence paralelního měření větru na jednom či více dalších senzorech.

Vážné mohou být chyby vznikající při přenosu a zpracování dat. Zejména v případě stožárových měření může naměřená data ovlivnit rušení či útlum přenášeného signálu. Takové

chyby jsou často zjevné, někdy ale mohou být naopak špatně rozpoznatelné. Zdrojem chyb může být i špatný software na zpracování naměřeného signálu či pro výpočet průměrných hodnot za dobu měřicího intervalu. Klasické jsou chyby spojené s nesprávným "průměrováním" směru větru. U rychlosti větru mohou vznikat zásadní a těžko odhalitelné chyby použitím špatného převodního vztahu při interpretaci signálu ze senzoru, při vyčítání dat z datalogeru či při vyhodnocení stažených dat.

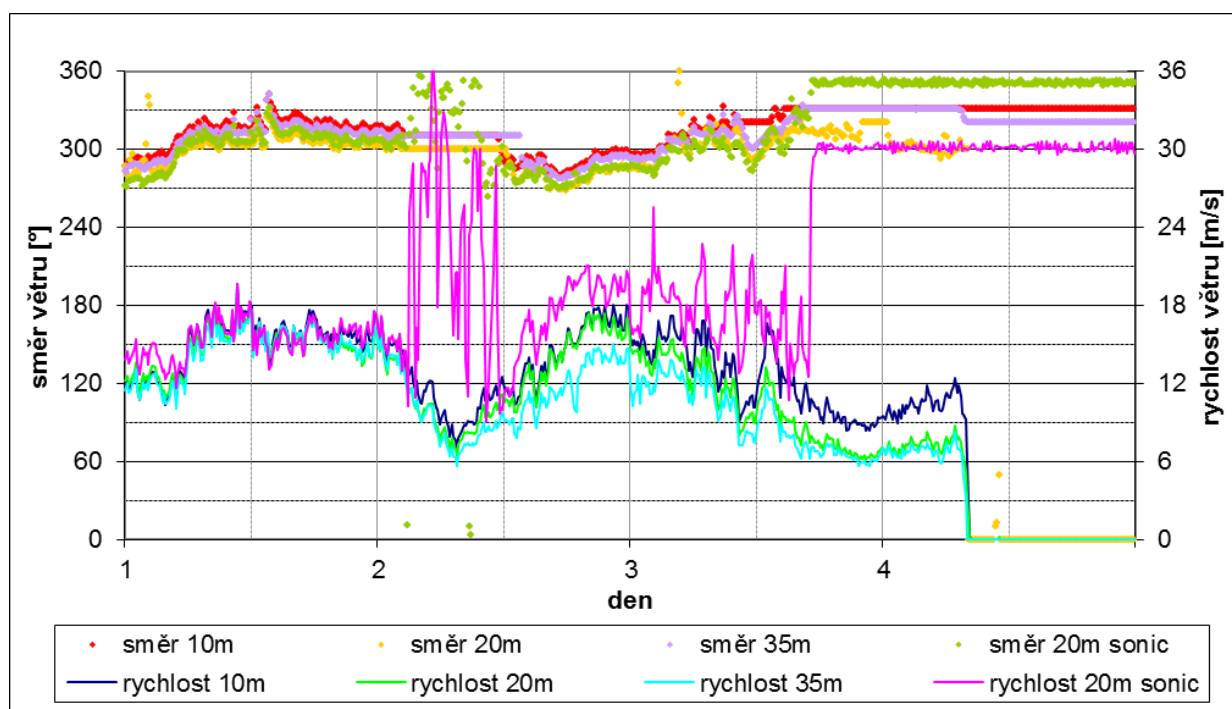
V případě směru větru je obvyklým problémem špatná orientace směrovky. Podle mých zkušeností se u měření, kde nebylo dbáno na pečlivé zaměření směrovky, systematická chyba směru větru běžně pohybuje v řádu desítek stupňů. Směry větru u pečlivě zaměřených senzorů se obvykle systematicky liší o jednotky stupňů. Spolehlivé zaměření s přesností lepší než cca 2° je podle mých zkušeností běžnými prostředky prakticky nemožné. Někdy se lze setkat také s chybnou orientací směrovky (či chybným zápisem směrů) o 180°.

Obecně problematické je měření větru v podmínkách tvorby námrazy (obr. 2.23). Tomu se lze částečně bránit vyhříváním anemometru, které však samo o sobě přináší řadu technických problémů (např. vysychání ložisek) a zvýšenou spotřebu elektrické energie. Ani vyhřívání přitom nemusí naměřená data od vlivu námrazy vždy zcela ochránit. Například při jedné extrémní námrazové periodě jsem na stožáru Dlouhá Louka našel vyhříváný akustický anemometr, jak měřil "vítr" uvnitř dutiny v mohutném námrazovém nánosu.



Obr. 2.23 Námraza na (nevyhříváném) miskovém anemometru na stožáru Dlouhá Louka v Krušných horách.

V případě, kdy existuje podezření na výskyt námrazy, je nutno pohlížet na naměřená data s nedůvěrou. Námraza může způsobit úplný výpadek měření, horším případem je však částečné namrznutí anemometru, které může způsobit nepřesné výsledky (obr. 2.24). Rozpoznání dat postižených námrazou je často obtížné. Napomoci může vzájemné porovnání výsledků měření z různých senzorů větru (anemometrů i směrovek), užitečnou pomůckou ale může být například též informace o teplotě a vlhkosti vzduchu či o výskytu námrazy v okolí. Zpravidla je v případě pochybností vhodnější veškerá data, kde existuje podezření na ovlivnění námrazou, ze zpracování zcela vyřadit, než riskovat postižení výsledků použitím nesprávných dat.



Obr. 2.24 Ukázka výsledků stožárového měření větru v Krušných horách postižených námrazou. Během dne 1 se námraza zřejmě nevyskytovala, neboť chování všech senzorů je v souladu s chováním v beznámrazovém období (nulový nárůst rychlosti větru s výškou souvisí s orografickou exponovaností daného místa vůči severozápadnímu směru). Během dnů 2 a 3 dochází k občasnému "zamrzání" směrovek a k výskytu nesmyslných záznamů na akustickém anemometru ("sonic"). Výsledky měření rychlosti větru na miskových anemometrech by se při odděleném hodnocení mohly jevit v pořádku, jejich porovnání však odhaluje relativní pokles rychlosti větru na výše položených senzorech (tedy více exponovaných vůči námraze) vůči rychlosti větru na senzoru v 10 m. Příčinou je zřejmě částečné pokrytí misek námrazou. Během dne 4 námraza zesiluje a dochází k totálnímu zámrazu. Na základě tohoto obrázku je vhodné veškerá data o rychlosti větru od brzkých ranních hodin dne 2 vyřadit.

3. Metody prodloužení či doplnění časových řad měření větru

3.1 Podstata řešené úlohy

Při analýze měření větru je často nutné se vyrovnat se skutečností, že naměřená data pokrývají kratší období, než je k danému účelu potřeba. Jedná se například o situaci, kdy je cílem zjistit dlouhodobě reprezentativní větrné podmínky daného místa, avšak k dispozici je pouze roční měření větru. Jiným případem je měření, které pokrývá celé zájmové období, během kterého však docházelo k výpadkům nebo bylo nutno některá data vyřadit z důvodu nízké kvality.

Při řešení těchto úloh lze v jednoduchých případech vycházet pouze z původních dat naměřených v daném místě. Například roční měření větru lze s určitou újmou na přesnosti považovat za dlouhodobě reprezentativní. Krátkodobé výpadky dat lze nahradit naměřenými hodnotami v okolních termínech. V případě dlouhodobějších výpadků lze namísto chybějících hodnot využít průměrné hodnoty zjištěné pro danou denní a roční dobu. Případně lze zohlednit naměřené hodnoty jiných meteorologických prvků, pokud jsou k dispozici. Je ovšem zřejmé, že přesnost takových postupů je omezená.

Druhou možností je využití jiné, *referenční* časové řady větru (případně více takových řad nebo také řad jiných meteorologických prvků). Ta musí pokrývat alespoň část doby původního měření větru, a současně i období, kdy toto měření chybí. Podmínkou je, aby mezi referenční a původní řadou existoval statistický vztah, který je možno k tomuto účelu využít. Původní (tedy doplňovaná či prodlužovaná) řada větru bude nazývána dále jako *cílová* řada.

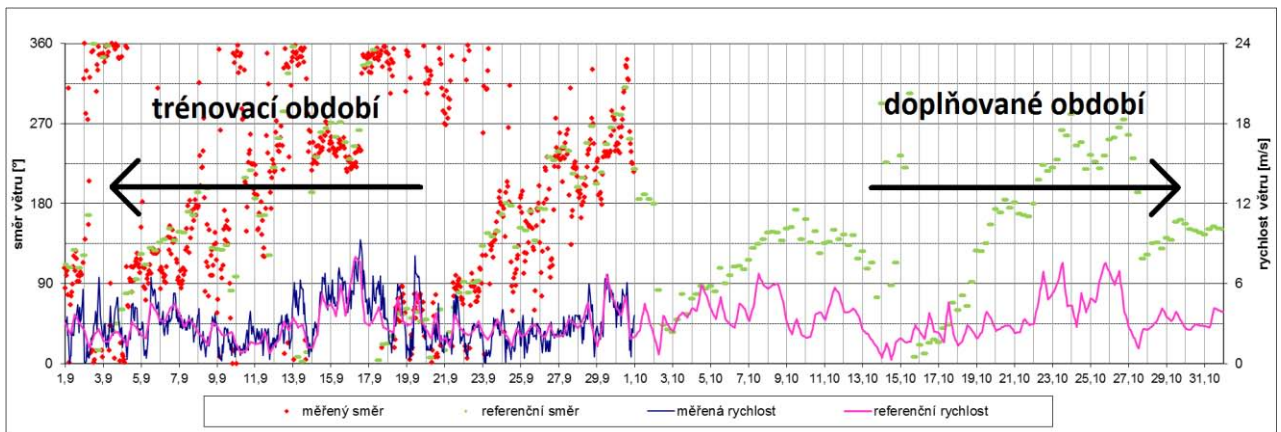
3.1.1 Metody *measure-correlate-predict* (MCP)

Pro prodloužení (doplnění) cílové řady měření větru na základě referenční řady větru se používají tzv. metody *measure-correlate-predict* (MCP). Tyto metody principiálně sestávají ze dvou fází.

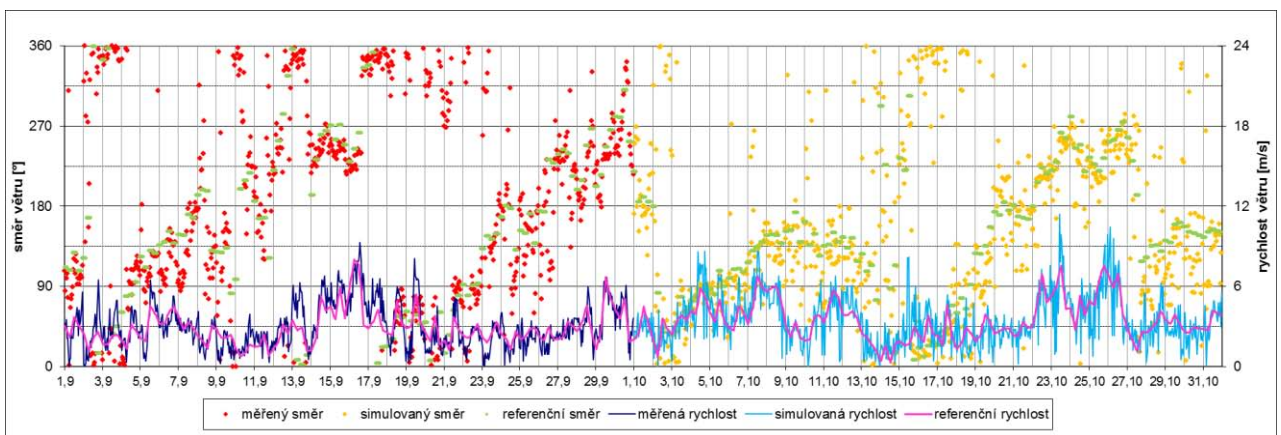
V první fázi jsou využita data z období, kdy referenční i cílová řada větru existují souběžně ([obr. 3.1](#)). Na jejich základě je sestaven statistický model, který zachycuje vztah mezi rychlostí (a případně i směrem) větru na cílové řadě a mezi referenční řadou (či řadami). Takový postup je nazýván jako *trénink* statistického modelu, data použitá k tomuto účelu budou proto označována jako *trénovací*, podobně jako období, ze kterého tato data pochází.

Ve druhé fázi je získaný statistický model aplikován na referenční časovou řadu v *doplňovaném* období, kdy cílová řada není k dispozici. Výsledkem mohou být statistické charakteristiky větru (v minimální podobě alespoň jeho průměrná rychlost) nebo přímo fiktivní simulace cílové časové řady větru ([obr. 3.2](#)). Celé období, pro které jsou zjišťovány charakteristiky větru, bude dále nazýváno jako *cílové* (cílové období může zahrnovat vedle doplňovaného i období trénovací). V některých případech statistický model nevychází primárně ze vztahu mezi referenční a cílovou řadou v trénovacím období, ale ze vztahu mezi cílovým a

trénovací období na referenční řadě (viz [kapitulu 3.3.1](#)), což ale na významu metody MCP nic nemění.



Obr 3.1 Stav před aplikací metody MCP. V analyzované lokalitě je k dispozici časově omezená cílová řada měření větru. Vedle toho je dostupná dlouhodobější referenční řada větru, která pokrývá jak dobu, kdy je v analyzované lokalitě k dispozici měření větru (trénovací období), tak i období, kdy toto měření chybí (doplňované období).



Obr 3.2 Výsledek aplikace metody MCP. Použitá metoda v tomto případě umožňuje simulovat časovou řadu větru. Individuální termínové hodnoty jsou rozptýleny v rozmezí, kde by se podle modelu měly nacházet reálné hodnoty.

3.1.2 Obvyklé použití a cíle metod MCP

Volba metody MCP do značné míry závisí na účelu, k jakému mají být výsledná data použita.

Asi nejčastěji, přinejmenším při použití větroměrných dat ve větrné energetice, je cílem zjištění dlouhodobě reprezentativních klimatických podmínek v místě měření, konkrétně:

- průměrné rychlosti větru,
- průměrné hustoty výkonu větru (okamžitá hustota výkonu větru je úměrná třetí mocnině okamžité rychlosti větru),
- četnostního rozdělení rychlostí větru,
- větrné růžice (včetně četnostního rozdělení rychlostí větru v jednotlivých sektorech).

Ne vždy musejí být informace o dlouhodobě reprezentativních větrně klimatických podmínkách potřebné v celém uvedeném rozsahu. Někdy například postačují znalosti týkající se rychlosti větru (především průměrná rychlost větru a rozdělení rychlostí), zatímco informace o směrech větru (větrná růžice) není požadována. Jindy, například v aplikacích týkajících se šíření znečišťujících látek nebo při studiu vzájemného ovlivnění větrných elektráren, může být tím nejdůležitějším právě informace o zastoupení různých směrů proudění.

Vedle znalosti průměrných větrných podmínek a rozdělení rychlostí a směrů větru může být žádoucí též informace o charakteristických vlastnostech vývoje větrných podmínek v čase. Jedná se zejména o zjištění denních a sezónních chodů rychlosti či směru větru, o znalost dlouhodobé (například meziroční) variability větrných podmínek či o případný výskyt dlouhodobých trendů.

Naopak věrná rekonstrukce termínových hodnot rychlostí a směrů větru není v klimatologických aplikacích zpravidla nutná, neboť cílem je spíše zjištění režimu větrných podmínek. Existují ale i úlohy, kde je odhad větrných podmínek v určitém konkrétním čase naopak tím hlavním požadavkem.

V případě použití metod MCP pro doplnění chybějících údajů v rámci měřené řady záleží na tom, jak velký je rozsah doplňovaných dat a k jakému účelu mají být použity. Pokud jde jen o jednotlivé hodnoty, pak je obvykle cílem co nejvyšší přesnost určení konkrétních termínových hodnot a význam jejich vhodného statistického rozdělení ustupuje do pozadí. V případě dlouhotrvajících výpadků v dlouhodobých řadách může záležet spíše na korektní simulaci statistických vlastností doplněných dat.

Na dobré simulaci termínových hodnot rychlostí a směrů větru záleží také v případě, kdy mají být simulovaná data použita jako trénovací soubor pro opětovnou aplikaci MCP. To je typicky případ, kdy nejprve je provedeno doplnění či prodloužení naměřených dat podle nedalekého, ale také pouze krátkodobého (např. ročního) měření větru, a v druhé fázi je tato (doplněná/prodloužená) řada větru prodloužena na dlouhodobý normál například podle reanalýz. Viz též [kapitolu 3.2.2](#).

3.2 Okolnosti limitující přesnost simulace metodami MCP

Simulovaná data získaná metodami MCP jsou vždy jen více či méně nepřesným odhadem skutečných větrných podmínek. Míra nejistoty dosaženého výsledku závisí především na následujících okolnostech.

3.2.1 Intenzita statistického vztahu mezi referenční a cílovou časovou řadou

Aby bylo možno využít nějaký soubor větroměrných dat jako referenční, je důležité, aby mezi tímto souborem a cílovými větroměrnými daty existoval takový statistický vztah, který je metoda MCP schopna využít.

Do značné míry lze říci, že takový vztah existuje tehdy, pokud referenční a cílovou řadou existuje významná úroveň korelace. Toto měřítko však neplatí bezvýhradně. Pokud například

vztah mezi cílovou a referenční řadou rychlosti větru závisí na dalších parametrech, jako jsou směr větru nebo stabilita zvrstvení atmosféry, pak lze často vytěžit ze vztahu mezi cílovými a referenčními daty mnohem více informace, než by naznačovala celková korelace mezi rychlostmi větru. V úvahu je nutno vzít také časové měřítko. Pokud jsou například použity časové řady 10-minutových průměrných rychlostí větru a místa měření se přitom nenacházejí blízko sebe, pak bude korelace značně snižena v důsledku krátkodobých fluktuací rychlostí větru (Nielsen et al., 2001, cit. dle Carta et al., 2013). A nakonec může hrát roli i případná nelinearita vztahu mezi rychlostmi větru na obou řadách.

I přes výše uvedené je míra korelace často považována za měřítko vhodnosti referenční řady pro aplikaci metody MCP. Studie Carty et al. (2013) uvádí řadu prací, které diskutují, jaký by měl být (Pearsonův) korelační koeficient r či koeficient determinace R^2 , aby bylo možno dosáhnout metodami MCP přijatelného výsledku. Závěry jsou v různých pracích značně odlišné, osobně se přikláním k hodnocení kvality korelace dle manuálu software WindPro (EMD International A/S, 2008), kde se označují hodnoty r na úrovni 0,5 – 0,6 jako velmi špatné, 0,6 – 0,7 špatné, 0,7 – 0,8 středně dobré, 0,8 – 0,9 dobré a 0,9 – 1,0 výborné.

3.2.2 Množství trénovacích dat

Další podmínkou pro úspěšné použití metod MCP je dostatečné množství dat použitých pro trénink statistického modelu. Obecně platí, že trénovací data musejí umožnit zachytit všechny podstatné meteorologické situace, určující vztah mezi referenční a cílovou časovou řadou (MEASNET, 2008). Například pokud se v trénovacím období nepodařilo zachytit situace s vysokými rychlostmi větru, pak je odhad vztahu mezi cílovou a referenční řadou při výskytu vysokých rychlostí v doplňovaném období velmi nejistý. Podobně je tomu v případě málo zastoupených směrů větru či obecně v případě zřídka se vyskytujících, ale nezanedbatelných fenoménů.

Asi nejproblematictější jsou případy, kdy dochází k epizodickému výskytu specifických situací, při kterých je vztah mezi referenční a cílovou stanicí výrazně odlišný od "normálu". Může jít například o výskyt inverzí s útlumem proudění na níže položených místech nebo naopak o případy padavých větrů s lokálním zesílením proudění. Pokud tyto situace nejsou v trénovacím období reprezentativně zastoupeny, pak bude použitý model nevyhnutelně vést k chybám. Tomu nelze zabránit jinak než obstaráním větroměrných dat pokrývajících dostatečně dlouhé období (alternativou snad může být numerická simulace těchto fenoménů).

Jak dlouhé by tedy mělo být trénovací období, tedy v praxi zpravidla délka měření v cílové lokalitě? Na tuto otázku nelze odpovědět zcela obecně, neboť může záležet na:

- kvalitě vztahu mezi referenční a cílovou časovou řadou,
- požadavcích na přesnost dosaženého výsledku,
- detailnosti použité metody MCP,
- reálných možnostech co se týče délky měření či dostupnosti naměřených dat v cílové lokalitě.

Obvyklým případem použití metod MCP je prodloužení dočasného měření větru získaného v rámci lokální měřicí kampaně. Typicky jde o stožárové měření větru v místě plánované budoucí výstavby větrných elektráren. Zde obvykle není k dispozici žádné dlouhodobé měření větru v nejbližším okolí, lze tedy použít buď relativně vzdálená (typicky nižší desítky km) měření na meteorologických stanicích, nebo data z reanalýz. Měření je přitom vystaveno protichůdným požadavkům: na jednu stranu jsou mimořádně vysoké nároky na přesnost výsledných rychlostí větru, z časových i finančních důvodů však současně existuje silný tlak na co nejkratší dobu měření.

V těchto případech se za standardní minimální dobu měření větru považuje jeden rok (např. [MEASNET, 2008](#)). Důvody jsou dva, jednak doba 12 měsíců je již dostatečně dlouhá, aby se během ní alespoň po omezenou dobu vyskytly všechny obvyklé povětrnostní situace a jednak celoroční měření zaručuje, že bude zachycena sezonalita větrných podmínek.

Některé práce uvádějí, že za určitých případů může být akceptovatelná i kratší doba trénovacího období, například [Rogers et al. \(2005\)](#) na základě porovnání metod MCP pro několik stanic ukázali, že nejistota v určení průměrné rychlosti větru přestává s rostoucí délkou trénovacího období klesat přibližně od délky 8 – 9,5 měsíců. [Brower et al. \(2012\)](#) přímo uvádí jako minimální doporučenou dobu (cílového) měření souvislé období 9 měsíců, zatímco [MEASNET \(2008\)](#) zmiňuje obecně možnost použití kratšího než ročního měření v případě, že je za referenční použito kvalitní měření prováděné v relativně malé vzdálenosti a podobné výšce jako cílové měření a k prodloužení je použita některá z detailních metod MCP, zahrnující přinejmenším členění po směrech větru. Platí také, že při použití krátkého trénovacího období lze očekávat lepší výsledky, pokud se jedná o data z přechodných ročních období (např. [Weekes & Tomlin, 2014](#)), kdy lze alespoň částečně zachytit chování větrných podmínek typické pro chladnou i teplou část roku. Obecně je však nutné přistupovat k použití kratšího než ročního měření vždy s velkou opatrností.

Naopak použití mírně delší než roční trénovací periody nemusí přinést významnější zpřesnění výsledku. Jak ukazuje [Taylor et al. \(2004, cit. dle Carta et al., 2013\)](#), použití 18 měsíců namísto 12 nepřináší žádné zlepšení, zlepšení nastává opět až při použití 24-měsíčního období. To je zřejmě důsledkem faktu, že při 18-měsíčním období jsou jednotlivé sezóny zastoupeny rozdílně, což může přispět dokonce ke zvýšení celkové chyby.

Specifickým případem je použití metod MCP na vysoce korelovaná, ale jen velmi krátkodobá měření větru, například pro doplnění výpadků jednoho senzoru podle měření jiných senzorů v rámci měřicího stožáru. Podobně tomu může být v případě sodarových či lidarových měření, kdy z časových i finančních důvodů optimálním postupem může být provádění měření střídavě na více lokalitách, na každé z nich však pouze po dobu řádově několika měsíců. Pokud je v blízkosti místa měření k dispozici celoroční (či delší) souvislé měření větru, pak je možné sodarová (lidarová) měření větru úspěšně prodloužit na dobu jednoho roku (či více) podle této silně korelované časové řady. Podmínkou je, že tato měření pokrývají, byť s přestávkami, všechny roční a denní doby, aby bylo možno zohlednit rozdílné chování profilu větru v různých denních dobách a sezonách. V druhé fázi je možno tento výsledek dále prodloužit na dlouhodobý normál například podle reanalýz (viz např. [Lackner et al., 2008](#)).

Překvapivě málo záleží na časovém rozlišení trénovacích dat. Například [Brower et al. \(2012\)](#) přímo uvádí, že není vhodné uvažovat vyšší časové rozlišení, než odpovídá době typického pohybu vzduchových částic mezi místem referenčního a cílového měření (tedy obvykle nižší jednotky hodin). Dle mého názoru má vyšší časové rozlišení přece jen jistou výhodu, neboť díky němu lze lépe simulovat variabilitu větrných podmínek v cílové lokalitě. Na druhou stranu, pokud je cílem MCP především výpočet průměrné rychlosti větru, pak skutečně nemusí vyšší časové rozlišení trénovacích dat poskytovat žádnou výhodu.

3.2.3 Homogenita referenční časové řady

Zcela zásadním a často silně podceňovaným předpokladem k dosažení korektního výsledku metod MCP je homogenita referenční časové řady. V opačném případě dojde k přenosu nehomogenity z referenční časové řady do řady prodloužených (doplňených) dat. Homogenita je mnohem důležitější vlastnost referenční časové řady než její absolutní přesnost. Systematicky chybná, ale homogenní větrná data, mohou být dobrým podkladem pro aplikaci MCP, zatímco výskyt výraznější nehomogenity na referenční řadě vede téměř nevyhnutelně k chybnému výsledku.

Nejhorším případem je, pokud na referenční řadě dojde k nehomogenitě blízko rozhraní trénovacího a doplňovaného období. Pak je v trénovacím období získán statistický model, který v doplňovaném období vůbec není platný. Například dejme tomu, že referenční měření větru bylo v trénovacím období prováděno na volně stojícím stožáru, zatímco v doplňovaném období data pocházela ze staršího měření prováděného nad střechou budovy, kde byla rychlost větru nadhodnocena o 10 %. V takovém případě bude cca o těchto 10 % nadhodnocena i simulovaná rychlost větru na cílové stanici. To je horší výsledek, než by ve většině případů přineslo použití ročních dat namísto dlouhodobého normálu!

Uvedený příklad je poměrně drastický, i když reálný. V praxi bude výsledná chyba menší, pokud je do cílového období zahrnuto i období trénovací, pokud k nehomogenitě došlo v průběhu trénovacího či doplňovaného období, respektive pokud došlo k většímu počtu navzájem protichůdných nehomogenit. I přesto platí, že chyby způsobené nehomogenitou referenční časové řady mohou snadno přesáhnout velikost všech ostatních nepřesností naměřených dat. Pokud tedy existuje riziko nehomogenity referenční časové řady, pak je lépe prodloužení (doplnění) cílového měření větru buď vůbec neprovádět, nebo pro prodloužení použít jinou, třeba i hůře korelovanou referenční řadu.

3.2.4 Reprezentativnost a stacionarita klimatických podmínek

V kontextu použití metod MCP se obvykle pracuje se třemi časovými periodami:

- i) trénovací období, typicky doba v nedávné minulosti, kdy probíhalo měření větru na cílové lokalitě,
- ii) doplňované období, typicky doba ve vzdálenější minulosti, pro které jsou k dispozici referenční data,
- iii) období, ke kterému bude vztahován dosažený výsledek.

Tato období se mohou překrývat, často však jsou zcela odlišná. Například při klasické aplikaci metod MCP ve větrné energetice doplňované období obvykle předchází trénovacímu a výsledek je naopak vztahován k době budoucího provozu větrných elektráren.

Použití metod MCP předpokládá, že simulované období je reprezentativní pro dlouhodobě platné, respektive budoucí větrně klimatické podmínky v cílové lokalitě. Tento předpoklad však nemusí odpovídat skutečnosti.

V první řadě je nutno vzít v úvahu existenci dlouhodobé velkoprostorové variability větrných podmínek.

Zjednodušeným úhlem pohledu je uvažovat pouze variabilitu danou fluktuacemi klimatických podmínek v řádu roků či nanejvýše jednotek let. Z tohoto pohledu jde (alespoň v případě větrných podmínek v oblasti střední Evropy) především o nahodilé meziroční kolísání větrnosti dané různým výskytem povětrnostních situací v jednotlivých letech. Pak se s rostoucí délkou období větrně klimatické podmínky blíží dlouhodobému klimatickému normálu, což je také obvyklý důvod prodloužení časové řady větru. Otázkou je, jak dlouhé cílové období je nutno zvolit, aby jej bylo možno z tohoto úhlu pohledu považovat za reprezentativní. Zde existuje zřetelný rozpor mezi klimatologickou "teorií" a reálnou praxí. V klimatologii se za minimální klimaticky reprezentativní období běžně uvažuje doba 30 let či delší. V praxi však volba takto dlouhého období nemusí být reálná, protože s rostoucí délkou řady roste riziko nehomogenity referenčních dat, která může mít za následek podstatně větší chyby, než jaké vyplývají z přirozené variability větrného klimatu. Doporučuje se proto spíše prodloužení na období o délce 10 - 15 roků (MEASNET, 2008, Brower et al., 2012).

Prakticky neřešitelným problémem je situace, pokud dochází ke kolísání či k výskytu trendů v řádu desetiletí a více (pojmy "kolísání" a "trend" mohou být záměnné, záleží pouze na úhlu pohledu a časovém měřítku). Vliv těchto skutečností nelze v rámci metod MCP zohlednit; jejich dopad na přesnost výsledku lze pouze obecně diskutovat, například na základě výsledků simulací klimatických modelů, případně jiných indikátorů či úvah.

Na zřeteli je nutno mít také možnou nestacionaritu lokálních klimatických podmínek způsobenou například změnami drsnosti povrchu či výskytu významných překážek v okolí. Jde především o růst či kácení vegetace a o výstavbu či odstraňování staveb, v neposlední řadě větrných elektráren.

3.2.5 Přesnost metody MCP

Přesnost simulovaných větroměrných dat je samozřejmě ovlivněna i volbou použité metody. Bude záležet především na:

1) citlivosti metody, tedy na schopnosti metody zohlednit maximum dostupných informací pro simulaci větrných podmínek. Například metoda, která zohledňuje směry větru na referenční stanici, bude citlivější než metoda, která směry větru nebere v úvahu. Citlivost může být zvýšená zohledněním většího počtu parametrů, ale třeba i zahrnutím určité nelinearity ve vztahu mezi referenční a doplňovanou stanicí,

2) robustnosti a rezistenci metody, tedy na míře odolnosti metody vůči neideálnímu chování trénovacích dat. Například je důležité, jak se metoda zachová, pokud v trénovacím

období chybí data z některého jinak běžně se vyskytujícího sektoru, případně data při vysokých rychlostech větru. Nebo naopak, jak bude výsledek deformován, pokud se v trénovacím období vyskytla nějaká anomální, běžně se nevyskytující situace. Robustní a rezistentní metoda chybějící data "rozumně" nahradí a nedovolí, aby anomální situace vedla k neúměrnému vychýlení výsledku, v opačném případě může dojít ke vzniku velkých chyb,

3) nevychýleností metody, tedy na tom, zda metoda nevede k nějakému systematickému vychýlení simulovaných dat. Může jít například o výskyt systematické chyby průměrné rychlosti větru, o deformaci četnostního rozdělení rychlostí větru (například ve smyslu snížení či zvýšení jeho variability) nebo o "shlazení" větrné růžice.

3.3 Přehled existujících metod MCP

3.3.1 Celkové charakteristiky metod MCP

Principiálním dělením metod MCP je, zda statistický model vychází primárně ze i) vztahu mezi referenční a cílovou řadou v trénovacím období nebo ii) ze vztahu mezi cílovým a trénovacím obdobím na referenční řadě. Zatímco v prvním případě (pokud to použítá data a metoda umožňují) může být přímo simulována cílová časová řada větru, v druhém případě jde jen o opravu původních hodnot, tedy bez časového přiřazení k jednotlivým termínům. Druhá varianta má však výhodu, že vychází z četnostního rozdělení rychlostí větru cílové řady a není tak nutno se potýkat se s rozdíly mezi tvary rozdělení rychlostí větru na referenční a cílové řadě.

Z hlediska časového rozlišení dat je nejjednodušší variantou pracovat pouze s dlouhodobými charakteristikami větru, jako je průměrná rychlost či její variabilita. Přejednou možností je využití dílčích průměrů, například průměrných měsíčních rychlostí větru. Nejvíce informace však lze získat z podrobných termínových dat, většina sofistikovanějších metod proto pracuje s nimi.

Nejdůležitějším dělítkem mezi různými metodami MCP je způsob simulace závislosti mezi rychlostí větru na referenční a cílové stanici. V tomto ohledu lze metody rozdělit podle toho, zda pracují pouze s poměry rychlostí větru (či jiných charakteristik), využívají regresního vztahu mezi rychlostmi větru či pracují s rozdělením rychlostí větru na kategorie. Variantou jsou metody využívající podmíněných pravděpodobností výskytu určitých hodnot na referenční a doplňované stanici. Specifickými kategoriemi jsou pak metody využívající umělých neuronových sítí (artificial neural networks), metody využívající více referenčních řad a dále pak řada méně používaných alternativních metod. Toto členění bude použito při následujícím popisu různých metod.

Z hlediska simulace směru větru lze metody MCP rozdělit na dvě skupiny. První skupinu tvoří metody, které provádějí pouze simulaci rychlosti větru. Simulace směru větru či větrné růžice pak musí být prováděna buď odděleně, nebo není směr větru simulován vůbec. Nejjednodušším postupem pro oddělenou simulaci směru větru je "metoda posunu" (viz kapitolu 3.5.5, King & Hurley, 2005, cit. dle Carta et al., 2013). Další možností je aplikace regresního vztahu mezi směry větru na cílové a referenční řadě (Derrick, 1992, Riedel et al.,

2001, obojí cit. dle Carta et al., 2013). Principiálně má oddělený přístup nevýhodu, že nemusí dojít ke správnému provázání rychlosti a směru větru. Druhou skupinu tvoří metody, které mohou pracovat současně s rychlostí i směrem větru. U všech metod je často používaným přístupem oddělené zacházení s případy, kdy se rychlost větru pohybuje pod určitou mezní hranicí, neboť při nízkých rychlostech větru se směr větru chová dosti chaoticky.

Častým přístupem, který je až na výjimky možno používat napříč celou škálou existujících metod, je kategorizace referenčních dat. Takto lze zohlednit rozdílný charakter simulovaného vztahu za rozdílných podmínek. Obvyklé je rozčlenění dat podle směru větru na referenční stanici, typicky na 12 nebo 36 sektorů, uvažováno však může být (obvykle současně s tím) též členění podle jiných charakteristik, například denní doby (Oliver & Zarling, 2009, cit. dle Carta et al., 2013), ročního období či stability atmosféry (Walmsley & Bagg, 1978, Salmon & Walmsley, 1999). Alternativně lze vycházet z klasifikace povětrnostních situací (Barchet & Davis, 1987, cit. dle Carta et al., 2013). Obecně platí, že podrobnější členění umožňuje důsledněji zachytit variabilitu podmínek, na druhou stranu však díky tomu klesá množství trénovacích dat v dílčích kategoriích a spolu s tím i rezistence či robustnost výpočetního postupu.

3.3.2 Jednoduché metody

Nejjednodušším a zřejmě i nejstarším přístupem je *metoda poměrů*, vycházející z předpokladu, že poměr mezi rychlostmi větru na referenční a cílové řadě je v průběhu času konstantní. V nejjednodušší formě se pracuje pouze s průměrnými rychlostmi větru:

$$\bar{v}_c^d = \bar{v}_r^d * \frac{\bar{v}_c^t}{\bar{v}_r^t} \quad (1)$$

Dolní indexy symbolizují příslušnost k cílové (c) či referenční (r) časové řadě. Horní indexy symbolizují příslušnost k trénovacímu (t) a doplňovanému/cílovému období (d). Mezi doplňovaným a cílovým obdobím není rozlišováno, neboť ve vztahu k vysvětlení metod to obvykle není nutné.

Tento přístup lze využít například i k výpočtu průměrných rychlostí větru za dílčí období. Cílem mohou být například průměrná roční či měsíční rychlosti větru. Za tímto účelem jsou někdy sestavovány tzv. *větrné indexy*, které mají poskytnout přibližnou informaci o větrnosti příslušného období v určitém regionu. Takový přístup byl v minulosti často používán v oboru větrné energetiky (např. BDB-index: www.enveco.de), namísto průměrných rychlostí větru však byla uvažována spíše standardizovaná výroba elektrické energie I^d v daném měsíci či roce:

$$P_c^d = P_c^t * I^d \quad (2)$$

kde P_c^t a P_c^d jsou výroby energie větrnou elektrárnou v trénovacím a cílovém období. Větrné indexy v minulosti nezískaly dobrou pověst vzhledem k problémům s jejich homogenitou.

Metodu poměrů lze aplikovat také na termínové hodnoty rychlosti větru. Potom platí:

$$v_c(T^d) = v_r(T^d) * \frac{\bar{v}_c^t}{\bar{v}_r^t} \quad (3)$$

kde $v_c(T^d)$ a $v_r(T^d)$ označují rychlosti větru na cílové a referenční řadě v termínech T^d doplňovaného období.

Spolu s tím je obvykle využíváno kategorizace do kategorií k , například podle směru větru na referenční řadě, denní doby a podobně (např. [Anderson, 2004](#)):

$$v_c(T^d) = v_r(T^d) * \frac{\bar{v}_c^t(k)}{\bar{v}_r^t(k)}; T^d \in k \quad (4)$$

Označením $T^d \in k$ je symbolizováno, že termín T^d patří do skupiny termínů, kterým je přiřazena kategorie k . Kategorie mohou být vymezeny i na základě rychlosti větru na referenční řadě, pak se však jedná o metody diskutované v [kapitole 3.3.4](#).

Protějškem uvedeného přístupu je varianta, kdy je naopak aplikován poměr mezi doplňovaným a trénovacím obdobím na referenční řadě na původní (trénovací) termínová data na cílové řadě ([King & Hurley, 2004](#)):

$$v_c(T^x) = v_c(T^d) * \frac{\bar{v}_r^d}{\bar{v}_r^t} \quad (5)$$

Označením T^x je symbolizován termín bez časového přiřazení. Z takto opravených dat lze sečtením dat z termínů T^x odvodit dlouhodobé četnostní rozdělení rychlostí větru na cílové řadě, nikoli však její časový průběh v doplňovaném období.

Další jednoduchou metodou, uvažující pouze poměry souhrnných statistických parametrů je tzv. "Weibull scale method" ([Clive, 2008](#)). V tomto případě jsou opravovány parametry A (tzv. scale parameter) a k (shape parameter) Weibullova rozdělení rychlostí větru:

$$A_c^d = A_r^d * \frac{A_c^t}{A_r^t}, k_c^d = k_r^d * \frac{k_c^t}{k_r^t} \quad (6)$$

Jde o značné zjednodušení, mimo jiné i z důvodu aproximace empirického rozdělení rychlostí rozdělením Weibullovým. S ohledem na svoji jednoduchost si však i tato metoda nachází své příznivce a patří mezi alternativy, které jsou k dispozici v běžně používaných softwarových aplikacích Windographer ([Mistaya Engineering Inc.](#)) nebo WindPro ([EMD International A/S, 2008](#)).

Lze zmínit také metodu, kterou navrhl [Corotis \(1976, cit. dle Justus, 1979\)](#), kdy jsou pro výpočet cílové průměrné rychlosti větru uvažovány směrodatné odchylky rychlostí větru na cílové a referenční řadě s_c^t a s_r^t a korelace mezi těmito řadami r^t :

$$\bar{v}_c^d = \bar{v}_c^t + r^t * (\bar{v}_r^d - \bar{v}_r^t) * \frac{s_c^t}{s_r^t} \quad (7)$$

3.3.3 Metody založené na regresním vztahu mezi referenčními a cílovými rychlostmi větru

Klasickým přístupem k řešení úloze je zjištění a následná aplikace regresního vztahu mezi rychlostmi větru na referenční a cílové řadě větru. Tento přístup obvykle umožňuje (zejména při vhodném rozčlenění dat do kategorií) dobrý odhad průměrných rychlostí větru na cílové řadě v doplňovaném období, v jiných ohledech je však nutno se vyrovnat s řadou problémů.

Základní možností je použití lineárně regresního modelu

$$v_c(T^d) = \alpha * v_r(T^d) + \beta + \varepsilon(T^d)$$

kde α a β jsou koeficienty lineárně regresního vztahu a $\varepsilon(T^d)$ označuje náhodné chyby.

Nejběžnější metodou odhadu parametrů (dále označených písmeny a a b) lineární regrese je metoda nejmenších čtverců. Pokud nejsou splněny předpoklady této metody, používají se k odhadům parametrů další metody, např. metoda ortogonální regrese (Anderson, 2004, LeBlanc et al., 2009).

Pokud má být adekvátním způsobem zohledněna přirozená variabilita rychlostí větru na cílové řadě, je nutno věnovat pozornost simulaci reziduí. Možností je například použití Gaussovského modelu nebo náhodné aplikace reziduí zjištěných v trénovacím období (například s využitím metody Monte Carlo). Velikost reziduí však může záviset na (referenční) rychlosti větru, je proto vhodné zohlednit i tuto skutečnost. Takový postup je realizován například u regresního modelu v software WindPro (EMD International A/S, 2008), kde je rámci dané (referenční) rychlosti větru uvažováno normální rozdělení reziduí, parametry tohoto rozdělení se v závislosti na rychlosti větru plynule mění.

Podobně jako u jiných metod je obvyklé předem data rozdělit do kategorií

$$v_c(T^d) = a(k) * v_r(T^d) + b(k) + e(T^d); T^d \in k \quad (9)$$

Koeficienty $a(k)$ a $b(k)$ použité při aplikaci lineárně regresního vztahu jsou v tomto případě určeny vždy z termínů spadajících do kategorie k , do které spadá příslušný termín T^d ; $e(T^d)$ označuje simulovaná rezidua.

Kombinaci lineární regrese a metody poměrů použili King & Hurley (2005, cit. dle Carta et al., 2013) v metodě "SpeedSort". Zde uvažují dva regresní vztahy, zvlášť pro podlimitní rychlosti větru a zvlášť pro rychlosti větru vyšší (limitem je rychlost 4 m/s nebo polovina průměrné rychlosti větru na referenční stanici; vybere se nižší hodnota). Datové body, na základě kterých je regrese vypočtena, vycházejí z rychlostí větru na obou řadách, které byly nejprve nezávisle na sobě seřazeny podle velikosti a dohromady tak tvoří kvantilový graf (Q-Q plot). Regresní přímka pro "nadlimitní" rychlosti větru je vypočtena jako běžná lineární regrese z příslušných hodnot kvantilového grafu. Pro podlimitní rychlosti větru je uvažována přímka, která prochází počátkem souřadné soustavy a při limitní rychlosti větru se stýká s regresní přímkou pro nadlimitní rychlosti větru.

Na tuto metodu navazuje další metoda stejných autorů, "DynaSort", kde namísto regresních přímek uvažují křivku klouzavých průměrů hodnot kvantilového grafu. Lineární vztah je zde uvažován pouze na obou koncích regresní křivky, kde není možno klouzavý průměr vypočítat. Druhá zmíněná metoda je specifická taktéž dynamickým určením směrových sektorů, jejichž počet a rozložení závisí na množství dostupných dat (každý sektor obsahuje stejný počet dat).

Často zmiňovanou metodou je "variance ratio method" navržená [Rogersem et al. \(2005\)](#). Jedná se o použití lineárního vztahu:

$$v_c(T^d) = \frac{S_c^t}{S_r^t} * v_r(T^d) + \left[\bar{v}_c^t - \left(\frac{S_c^t}{S_r^t} \right) \bar{v}_r^t \right] \quad (10)$$

Opět je obvyklé přednostně provést rozdělení dat do kategorií podle směru větru.

Vedle lineárního vztahu mezi referenční a cílovou řadou je možné aplikovat též polynomiální vztah vyššího řádu ([Joensen et al., 1999](#), [Riedel et al., 2001](#), [McKenzie et al., 2008](#), vše cit. dle [Carta et al., 2013](#), [Thøgersen et al., 2007](#)), nebylo však zjištěno, že by tento přístup znamenal zřetelný přínos. Jiné alternativní přístupy zapojují do vztahu mezi referenčními a cílovými rychlostmi větru též faktor směru větru ([Deane et al., 2001](#), cit. dle [Carta et al., 2013](#)) či stability teplotního zvrstvení ([Joensen et al., 1999](#), cit. dle [Carta et al.](#)).

3.3.4 Metody využívající kategorizace rychlostí větru na referenční řadě

S nelinearitou vztahu mezi rychlostmi větru na referenční a cílové řadě a případně též s komplikacemi spojenými se simulací reziduí se lze do jisté míry vypořádat rozdělením dat na kategorie podle rychlostí větru na referenční řadě.

Přístup, který může být chápán též jako specifická forma lineárního regresního vztahu, používá metoda "Vertical Slice" navržená [LeBlancem et al. \(2009\)](#). Pro každou kategorii rychlostí větru na referenční řadě je vypočtena průměrná rychlost větru na cílové řadě (alternativně může být "průměr" vypočten v rámci kategorie vymezené "kolmo" na regresní křivku podobně jako u ortogonální regrese). Simulace je pak provedena podle lomené regresní křivky spojující tyto body (specificky bylo nutno se vyrovnat s málo obsazenými a okrajovými kategoriemi). Podobnou metodu navrhují též [Beltrán et al. \(2010\)](#). O způsobu simulace reziduí se autoři ani v jednom případě nezmiňují. Obě metody lze podobně jako běžné regresní metody s výhodou aplikovat individuálně po jednotlivých kategoriích definovaných směrem větru (a případně dalšími okolnostmi), tyto kategorie jsou chápány odlišně od rychlostních kategorií.

Významná skupina metod však mezi rychlostními a ostatními kategoriemi rozdíl nečiní. Takové metody jsou často pojmenovávány jako *maticové metody* (matrix methods), neboť jednotlivé kategorie jsou popisovány jako prvky matice tvořené rychlostmi \times směry větru referenční řady.

Pojem "maticová metoda" je ovšem používán velmi široce, neboť jindy je odvozen na základě toho, že metoda využívá matici pravděpodobností $p(k_r, k_c)$ současného výskytu kategorií na referenční a cílové řadě (viz [kapitulu 3.3.5](#)). Některé metody sice spojují oba tyto významy (např. [Salmon & Walmsley, 1999](#), [García-Rojo, 2004](#) či vlastní Metoda 2 ([kapitola 3.4.2](#))), jiné metody však nikoli (např. [EMD International A/S, 2008](#) a [Thøgersen et al., 2007](#) vs. [Woods & Watson, 1997](#)).

Příkladem maticové metody založené na rozdělení dat do kategorií podle směru i rychlosti větru na referenční řadě je práce [Mortimera \(1994, cit. dle Rogers et al., 2005\)](#). Ten pro každou takovou kategorii zjišťuje v trénovacím období jednak průměrný poměr mezi rychlostmi větru na obou řadách a jednak směrodatnou odchylku těchto poměrů. Při simulaci na referenční data aplikuje poměr mezi rychlostmi větru na obou řadách, který je náhodně vybrán ze symetrického

trojúhelníkového rozdělení o průměru a směrodatné odchylce zjištěných pro kategorii, do které spadá příslušný termín. Tuto metodu modifikoval Sheppard (2009), který nahradil trojúhelníkové rozdělení normálním rozdělením.

Dalším příkladem je maticová metoda zahrnutá v často používaném software WindPro (EMD International A/S, 2008 a Thøgersen et al., 2007). Zde jsou v trénovacím období pro jednotlivé kategorie zjišťovány průměrné rozdíly rychlostí a směrů větru na referenční a cílové řadě, v doplňovaném období jsou pak na termínové hodnoty referenčních dat tyto rozdíly pro příslušnou kategorii aplikovány. Hodnoty rozdílů pro kategorie s nedostatečným množstvím dat v trénovacím období jsou interpolovány nebo extrapolovány podle okolních rychlostních kategorií. Tato metoda tedy spolu s rychlostmi simuluje i směr větru na cílové řadě.

Zdánlivě odlišným přístupem, jehož podstata je ale dle mého mínění podobná ostatním postupům uvedeným v této kapitole, je tzv. *Scatter method* (King & Hurley, 2005, cit. dle Carta et al., 2013). Zde jsou data nejprve rozdělena do dynamicky vymezených sektorů podle referenčního směru větru podobně jako v metodě DynaSort. Při samotném prodlužování (doplňování) je ke každému termínu doplňovaného období nalezeno 10 záznamů v trénovacích datech s nejvíce podobnou referenční rychlostí větru (v rámci příslušné směrové kategorie). Z těchto 10 záznamů (které lze vlastně chápat jako příležitostnou "kategorii") je náhodně vybrán jeden. Doplněný údaj vychází z rychlosti větru na cílové řadě v tomto vybraném termínu, která je opravena o (malý) rozdíl mezi rychlostmi větru na referenční řadě v doplňovaném a vybraném "trénovacím" termínu. Tímto způsobem by bylo možno zřejmě doplnit i odpovídající směr větru na cílové řadě, z dostupného popisu metody se však jeví, že této možnosti autoři nevyužili.

3.3.5 Metody založené na podmíněných pravděpodobnostech výskytu hodnot na referenční a cílové řadě

Významná skupina metod MCP je založena na analýze pravděpodobnosti výskytu hodnot rychlosti či směru větru na cílové řadě za podmínky výskytu určitých hodnot na referenční řadě. Pokud dojde ke změně rozdělení referenčních hodnot, je pak možno díky znalosti podmíněných pravděpodobností odvodit odpovídající změnu pravděpodobnosti výskytu hodnot v cílových datech. Tento princip lze obecně realizovat dvěma způsoby. Buď jsou referenční i cílová data rozdělena do kategorií a pracuje se s pravděpodobnostmi jejich výskytu v jednotlivých kategoriích, nebo lze uvažovat spojitou pravděpodobnostní funkci.

Oproti metodám popsaným v přechozích kapitolách mají metody využívající podmíněné pravděpodobnosti výhodu, že pokud pracuje současně se směry i rychlostmi větru, pak dokáží zachytit vztah mezi změnami rychlosti a směru větru. Konkrétní kombinace rychlostí a směrů větru na referenční a cílové řadě termínu může například odpovídat situaci, kdy se cílová lokalita nachází pod inverzí. Tyto případy se mohou projevovat například velkým rozdílem směru větru na obou řadách, který je svázán se silným poklesem rychlosti větru na cílové řadě vůči řadě referenční. Situace, kdy jsou rychlosti větru na cílové řadě relativně vyšší, mohou takto velký rozdíl směrů větru vylučovat. Analogickým případem mohou být situace, kdy konkrétní kombinace směru větru na referenční a cílové řadě odpovídá orograficky podmíněnému zesílení proudění na cílové řadě, a tedy relativně vysokým rychlostem větru.

Bez zachycení těchto vnitřních souvislostí nelze realisticky simulovat větrnou růžici nejen četností, ale i rychlostí větru v jednotlivých směrech.

Metod, které využívají principu podmíněných pravděpodobností, lze v literatuře nalézt celou řadu.

V případě "kategorizační" varianty lze základní princip metody popsat například následovně: Nejprve jsou data na referenční řadě rozdělena na N_{kr} kategorií k_r (například podle směru a rychlosti větru) a data na cílové řadě na N_{kc} kategorií k_c . Pro tyto kategorie je podle dat v trénovacím období zjištěna tabulka (matice) pravděpodobností $p^t(k_r, k_c)$, odpovídajících relativním četnostem případů, kdy určitý termín spadá současně do kategorie k_r na referenční a kategorie k_c na doplňované řadě. Následně lze analyzovat změnu těchto pravděpodobností při záměně trénovacího za doplňované (cílové) období. Nejprve je nutno zjistit, jak se změnila pravděpodobnost výskytu kategorií k_r na referenční řadě. Tuto změnu lze vyjádřit jako $p^d(k_r)/p^t(k_r)$. Za předpokladu stacionarity vztahu mezi referenční a cílovou řadou se ovšem v důsledku toho změnila i pravděpodobnost odpovídajících kombinovaných kategorií, tedy $\frac{p^d(k_r, k_c)}{p^t(k_r, k_c)} = \frac{p^d(k_r)}{p^t(k_r)}$. Výslednou pravděpodobnost výskytu určité kategorie $p^d(k_c)$ v cílovém období lze získat sečtením příslušných kombinovaných kategorií přes všechny kategorie k_r , tedy:

$$p^d(k_c) = \sum_{k_r=1}^{N_{kr}} p^d(k_r, k_c) = \sum_{k_r=1}^{N_{kr}} \left[p^t(k_r, k_c) * \frac{p^d(k_r)}{p^t(k_r)} \right] \quad (11)$$

Úspěšnost této metody závisí v první řadě na vymezení kategorií k_c a k_r . V publikovaných pracích bývají zpravidla k_c a k_r vymežovány shodně, k tomu ovšem není fundamentální důvod.

Vymezení kategorií referenčních dat k_r má fakticky stejný význam, jako v jiných metodách MCP a jde primárně o rozdělení dat na skupiny případů, v rámci kterých se vztah mezi referenčními a cílovými daty chová co nejvíce jednotným a stálým způsobem. Jde tedy především o vhodné vyvážení mezi vysokým počtem příliš málo obsazených kategorií a příliš nízkým počtem dostatečně obsazených kategorií.

Smysl kategorií k_c je jiný, v jejich případě jde spíše o to, jaké rozlišení má mít výsledek. Pokud jsou kategorie k_c členěny pouze podle rychlosti větru, bude výsledkem četnostní rozdělení rychlostí. Pokud jsou tyto kategorie členěny podle směru větru, bude výsledkem větrná růžice. V případě, že toto členění bude probíhat podle rychlosti i podle směrů větru, bude výsledkem informace o četnostním rozdělení rychlostí větru pro jednotlivé směrové sektory, respektive o větrné růžici pro různé kategorie rychlosti větru. Někdy může být při jemném rozlišení nevýhodou malá velikost kombinovaných kategorií, zejména pokud je v jejich rámci prováděn další výpočet, typicky korekce rychlosti větru.

Použití popsané metody je zcela přímočaré, pokud je cílem korekce větrné růžice. Za kategorie k_c a k_r lze jednoduše dosadit směry větru na cílové a referenční stanici a výsledkem je zastoupení směrů větru na cílové řadě v cílovém období.

Pro korekci rozdělení rychlostí větru lze využít rozdělení rychlostí větru do kategorií. V tomto případě kategorie k_c i k_r sledují členění po rychlostech větru a metoda pak pracuje s

pravděpodobnostmi, s jakými se při výskytu určité kategorie rychlosti větru na referenční řadě budou vyskytovat jednotlivé kategorie rychlosti větru na cílové řadě. Výsledkem je četnostní rozdělení rychlostních kategorií k_c , korigované na cílové období.

Běžné je členit kategorie k_c nebo k_r (obvykle obojí) současně podle rychlosti i směru větru, případně i podle jiných kritérií. Tento postup aplikovali [Walmsley & Bagg \(1978\)](#) a návazně [Salmon & Walmsley \(1999\)](#), kteří použili celých 3072×3072 kategorií (na obou řadách po 36 rychlostních kategoriích po 0,5 m/s, 16 směrových kategoriích po $22,5^\circ$ a 6 třídách stability). Při takto vysokém počtu referenčních kategorií ale vyvstává otázka, jak jsou zohledněny případy, kdy do některé kategorie spadají data v cílovém období, v trénovacím období je ale tato kategorie prázdná nebo obsahuje jen nízký počet potenciálně nahodilých trénovacích dat. Řešení tohoto problému se mi v uvedeném článku nepodařilo dohledat. Postup založený na analogickém principu, byť zcela odlišně popsany, byl publikován ve článku ([García-Rojo, 2004](#)).

Namísto výpočtu podmíněných pravděpodobností pro jednotlivé kategorie je možno tento problém převést do oboru spojitých funkcí podmíněného rozdělení pravděpodobnosti. Výpočetní vztah pak lze přepsat například do podoby:

$$f_c^d(v_c) = \int_0^\infty f_c^t(v_c|v_r) f_r^d(v_r) dv_r \quad (12)$$

Tento přístup je výhodný především při simulaci podmíněného vztahu mezi rychlostmi větru. Použití spojitého vztahu jednak odstraní nepřesnosti dané slučováním dat do kategorií a jednak automaticky dochází k interpolaci a extrapolaci vztahu mezi oběma řadami i mimo datové body či kategorie, kde jsou k dispozici tréninková data. Na druhou stranou je nevýhodou nutnost volby konkrétního typu pravděpodobnostní funkce, což vyžaduje určitý předpoklad o vlastnostech rozdělení větroměrných dat.

Takto postupovali například [Perea et al. \(2011\)](#), když alternativně zkoumali aplikaci (dvourozměrného) normálního a (dvourozměrného) Weibullova rozdělení rychlostí větru. Aplikace metody vycházející z Weibullova rozdělení pravděpodobností dávala v této práci při porovnání různých metod výborné výsledky. Vypovídací schopnost tohoto závěru však podle mého názoru snižuje fakt, že verifikace byla prováděna na syntetických datech vycházejících právě z Weibullova rozdělení. Druhou metodou, která vychází z podobného principu, popsali [Carta & Velázquez \(2011\)](#). Použitá pravděpodobnostní funkce vychází "z rodiny rozdělení uvedených Plackettem ([Carta & Mentado, 2007](#), [Mardia, 1970](#) , obojí cit. dle [Carta & Velázquez, 2011](#)), která jsou nazývána jako rozdělení kontingenčního typu" ([Carta & Velázquez, 2011](#)). Aplikace jejich postupu je po matematické stránce poměrně náročná.

Jinou možností, jak dojít k opraveným rychlostem větru na cílové řadě, je zjistit vztah mezi rychlostmi větru na cílové a referenční řadě uvnitř jednotlivých kombinovaných kategorií (k_r, k_c). Nejjednodušším přístupem je uvažovat poměrný vztah mezi průměrnými rychlostmi větru. Průměrnou rychlost větru $\bar{v}_c^d(k_r, k_c)$ jednotlivých kombinovaných kategorií lze potom vypočítat jako

$$\bar{v}_c^d(k_r, k_c) = \bar{v}_c^t(k_r, k_c) \frac{\bar{v}_r^d(k_r)}{\bar{v}_r^t(k_r)} \quad (13)$$

Pro výpočet celkové průměrné rychlosti větru je nutno dále znát pravděpodobnosti $p^d(k_r, k_c)$ výskytu jednotlivých kombinovaných kategorií. Ty lze v souladu s výše popsáním postupem (vzorec (11)) určit jako:

$$p^d(k_r, k_c) = p^t(k_r, k_c) * \frac{p^d(k_r)}{p^t(k_r)} \quad (14)$$

Průměrná rychlost větru pro jednotlivé kategorie k_c cílové řady je potom

$$\bar{v}_c^d(k_c) = \frac{\sum_{k_r=1}^{N_{kr}} [p^d(k_r, k_c) * \bar{v}_c^d(k_r, k_c)]}{p^d(k_c)} = \frac{\sum_{k_r=1}^{N_{kr}} \left[p^t(k_r, k_c) \frac{p^d(k_r)}{p^t(k_r)} * \bar{v}_c^t(k_r, k_c) \frac{\bar{v}_r^d(k_r)}{\bar{v}_r^t(k_r)} \right]}{p^d(k_c)} \quad (15)$$

a celková průměrná rychlost na cílové řadě v cílovém období je

$$\bar{v}_c^d = \sum_{k_c=1}^{N_{kc}} \sum_{k_r=1}^{N_{kr}} [p^d(k_r, k_c) * \bar{v}_c^d(k_r, k_c)] = \sum_{k_c=1}^{N_{kc}} \sum_{k_r=1}^{N_{kr}} \left[p^t(k_r, k_c) \frac{p^d(k_r)}{p^t(k_r)} * \bar{v}_c^t(k_r, k_c) \frac{\bar{v}_r^d(k_r)}{\bar{v}_r^t(k_r)} \right] \quad (16)$$

Takový výpočet průměrných rychlostí větru použil například [Harstveit \(2004, cit. dle Carta et al., 2013\)](#). Ve své metodě ale vycházel pouze z kategorizace referenčních i cílových dat podle směru větru; členění podle rychlostí větru či jiných okolností neuvažoval. Stejně vymezení kategorií použili i [Woods & Watson \(1997\)](#), kteří však namísto jednoduchého poměrného vztahu pro každou z kombinovaných kategorií počítali lineární regresi rychlostí větru. Aby bylo možno lineární regresi relevantně vypočítat, musel být stanoven minimální počet dat v kombinované kategorii, ostatní kategorie nebyly uvažovány. Tím se ovšem opět objevuje výše zmiňovaný problém "prázdných" kategorií, který v návaznosti na tuto práci diskutují [Vermeulen et al. \(2001, cit. dle Carta et al., 2013\)](#). V rámci jejich studie byla také na rozdíl od původní práce ([Woods & Watson, 1997](#)) aplikována namísto lineární regrese aplikována jednodušší metoda poměrů.

Jen zdánlivě (viz úvahu v [kapitole 3.4.2](#)) odlišnou metodou je tzv. "*Moulded site method*" ([King & Hurley, 2004](#)). Zde byly vymezeny pouze kategorie k_r podle směru větru na referenční řadě (samostatnou kategorií tvořily případy s nízkou rychlostí větru na referenční řadě při větru ze všech směrů). Pro každou z těchto kategorií bylo zjištěno, jak se změní jejich pravděpodobnost a průměrná rychlost mezi cílovým a trénovacím obdobím a tato změna byla aplikována individuálně na původní cílová data v trénovacím období

$$v_c(T^x) = v_c(T^t) * \frac{\bar{v}_r^d(k_r)}{\bar{v}_r^t(k_r)} ; t_c(T^x) = t(T^t) * \frac{p^d(k_r)}{p^t(k_r)} ; T^t \in k_r, T^x \in k_r \quad (17)$$

Změna četnosti byla provedena tak, že byla změněna "délka" trvání opravovaného termínu z původní jednotné délky $t(T^t)$ na "opravenou" délku $t_c(T^x)$. Takto vytvořenou fiktivní řadu lze použít k sestavení výsledného četnostního rozdělení rychlostí a směrů větru, avšak s libovolným rozlišením (v rámci rozlišení původních dat).

3.3.6 Alternativní přístupy

Vedle výše popsaných nejčastěji používaných přístupů k prodloužení (doplnění) časových řad větru lze v literatuře nalézt množství dalších alternativních metod.

Často zmiňováno je využití umělých neuronových sítí (např. [Bilgili et al., 2007](#), [Albrecht & Klesitz, 2007](#)). Jejich výhodou je principiálně nelineární charakter vytvořeného statistického modelu bez nutnosti předpokladů o vlastnostech vstupních dat. Neuronové sítě tak dokáží identifikovat i skryté vazby mezi časovými řadami a lze je výhodně použít pro více zdrojů referenčních dat současně. Zásadní nevýhodou je nutnost pečlivé volby designu neuronových sítí pro každou konkrétní aplikaci. V opačném případě je značné riziko "přetrénování", kdy nalezené komplexní vztahy nemusejí být obecnými a dlouhodobě platnými vlastnostmi vzájemného chování analyzovaných řad, ale může jít o nahodilé fluktuace, kterým model přiřkládá nepřiměřený význam. Také extrapolace či interpolace mimo oblast popsanou v rámci trénovacích dat může být u neuronových sítí problematická.

Další skupinou jsou metody, které pracují s vektorem větru, případně s jeho rozkladem na složky. Například [Achberger et al. \(2002\)](#) prováděl lineární regresi obou navzájem kolmých složek rychlosti větru. Vícenásobnou lineární regresi pro tento účel aplikovali [Nielsen et al. \(2001, cit. dle Carta et al.\)](#). Tuto metodu ale testovali [Rogers et al. \(2005\)](#) a její výsledky byly vůči ostatním testovaným metodám velmi špatné.

Jiní autoři zkoušeli například využití rychlé Fourierovy transformace ([Sreevalsan, E., 2007, cit. dle Carta et al., 2013](#)), waveletové transformace ([Hunt & Nason, 2001](#)), metody "support vector machines" ([Sreelakshmi & Kumar, 2008](#)) či různých dalších alternativních postupů. Nemí však známo, že by některá z těchto metod přinášela zřetelnou výhodu vůči metodám výše popsaným.

3.4 Vlastní metody MCP

Základní motivací pro vytvoření níže představených metod pro mě byla, zřejmě podobně jako v případě jiných autorů, praktická potřeba vyrovnat se s úlohou prodloužení či doplnění chybějících měření větru. Z různých metod, které jsem původně vyvíjel zcela nezávisle ([Hanslian, 2008](#)), jsem postupně dospěl ke dvěma postupům, které reprezentují dvě základní skupiny metod popsané v [kapitolách 3.3.4 a 3.3.5](#). V obou případech se jedná o metody jedinečné, které jsem v této podobě v literatuře popsané nenašel, byť z části využívají existujících postupů. Právě díky tomu, že tyto metody propojují výhody různých používaných postupů, a současně jsou ve své základní podobě principiálně dosti jednoduché, se domnívám, že mohou i do budoucna sloužit jako referenční představitelé obou skupin metod a současně jako výchozí bod pro vývoj případných složitějších a modifikovaných postupů.

Přestože obě metody vychází z odlišných základů, ve své konečné podobě a implementaci jsou si do značné míry podobné. Jejich společnými rysy jsou zásadní význam počátečního vymezení kategorií, dále idea přiřazení konkrétního termínu trénovacích dat k termínu doplňovaného období a dosti jednoduchá podoba samotného výpočtu.

3.4.1 Metoda 1

První metoda, pro jednoduchost bude nazývána jako Metoda 1, odpovídá skupině metod v kapitole 3.3.4. Jde tedy o "maticovou metodu" ve smyslu této kapitoly. Prvním krokem je vymezení kategorií k podle rychlosti a směru větru na referenční řadě, alternativně pak taktéž podle dalších okolností, například podle příslušnosti k denní době či sezóně (konkrétní způsob vymezení kategorií bude diskutován níže – viz kapitolu 3.4.3). Ve druhém kroku je ke každému termínu T^d doplňovaného období přiřazen jeden termín T^t z trénovacího období, který spadá do stejné kategorie. Rychlost větru v doplňovaném termínu na cílové řadě $v_c(T^d)$ je vypočtena z rychlosti větru na referenční řadě ve stejném termínu $v_r(T^d)$, opravené o podíl rychlostí větru na cílové a referenční řadě $\frac{v_c(T^t)}{v_r(T^t)}$ v přiřazeném termínu T^t . Analogicky je získán směr větru $D_c(T^d)$, provedená oprava se v tomto případě ovšem váže na rozdíl směrů větru $D_c(T^t) - D_r(T^t)$ v termínu T^t . "Sčítání" a "odčítání" směrů větru, reprezentované symboly $+$ a $-$, je uvažováno ve smyslu úhlových posunů na kružnici, například rozdíl mezi směry větru 350° a 15° činí -25° a podobně. Výpočet je tedy proveden takto:

$$\begin{aligned} D_c(T^d) &= D_r(T^d) + [D_c(T^t) - D_r(T^t)] \\ v_c(T^d) &= v_r(T^d) * \frac{v_c(T^t)}{v_r(T^t)} \\ T^d \in k, T^t \in k \end{aligned} \quad (18)$$

Zásadním prvkem použité metody je fakt, že aplikovaný podíl rychlostí i rozdíl směrů větru jsou získány oba ze shodného termínu trénovacího období, díky čemuž je zachován vztah mezi korekcemi rychlosti a směru větru. Výsledkem provedeného doplnění je simulovaná řada větru, jejímž statistickým zpracováním lze odvodit odhad skutečného rozdělení rychlostí i směrů větru v cílovém období a do jisté míry i časový průběh větrných podmínek.

Přiřazení termínů T^t k termínům T^d je prováděno tak, aby všechny termíny T^t spadající do kategorie k byly při doplňování zastoupeny shodně (v rámci omezení daného diskrétním charakterem dat). V konkrétních případech lze přiřazení provádět dvěma způsoby. Buď jsou termíny T^t přiřazovány náhodně nebo lze termíny T^t a T^d v rámci kategorie k nejprve seřadit podle velikosti a termínům T^d přiřazovat termíny T^t z odpovídajícího kvantilu rozdělení rychlostí větru. Druhý způsob má za cíl zohlednit skutečnost, že se průměrná velikost podílu rychlostí větru i jeho variabilita (případně i charakteristiky rozdílů směrů větru) mění v rámci kategorie s rychlostí větru. Často totiž platí, že podíly rychlostí větru $\frac{v_c(T^t)}{v_r(T^t)}$ a variabilita podílů rychlostí a rozdílů směrů větru mají tendenci s narůstající rychlostí větru spíše klesat, což by mělo být možné tímto heuristickým postupem do jisté míry zohlednit.

Přiřazování individuálních podílů rychlostí větru k rychlostem větru $v_r(T^d)$ může v důsledku vést k tomu, že v rámci celé kategorie není v doplňovaném období zachován podíl průměrných rychlostí $\frac{\bar{v}_c^t(k)}{\bar{v}_r^t(k)}$ mezi cílovou a referenční řadou. Jako volitelná možnost je proto uvažována korekce rychlostí větru tak, aby v rámci celé kategorie byl v doplňovaném období tento podíl dodržen.

V rámci skupiny nízkých rychlostí větru je vztah mezi rychlostmi i směry větru na cílové a referenční řadě dosti volný, a to bez ohledu na směr větru. Termíny s nízkými rychlostmi větru na referenční řadě proto jsou vyčleňovány do samostatné kategorie. V ní jsou směry větru simulovány stejným způsobem jako v ostatních kategoriích (s tím, že rozptyl rozdílů $D_c(T^r) - D_r(T^r)$ je zde vyšší než v ostatních kategoriích), v případě rychlostí větru však byl namísto jejich podílů uvažován taktéž rozdíl, tedy

$$v_c(T^d) = v_r(T^d) + [v_c(T^t) - v_r(T^t)]; T^d \in k, T^t \in k \quad (19)$$

V případě, pokud výsledná rychlost větru $v_c(T^d)$ vychází záporná, je opravena na 0 m/s.

Představená metoda se asi nejvíce podobá metodě podle [Mortimera \(1994, cit. dle Rogers et al., 2005\)](#), respektive jeho modifikaci dle [Sheppada \(2009\)](#), avšak s několika rozdíly. Za prvé Metoda 1 provádí současně simulaci rychlosti i směru větru na cílové řadě, zatímco zmíněné metody se zaměřují pouze na simulaci rychlosti větru. Druhým rozdílem je použití empirického rozdělení podílů rychlostí větru namísto rozdělení Gaussova či trojúhelníkového. Třetím rozdílem je způsob rozdělení dat do kategorií.

Druhou příbuznou metodou je "maticová" metoda software WindPro ([EMD International A/S, 2008](#) a [Thøgersen et al., 2007](#)), která provádí simulaci jak rychlosti, tak i směru větru. V jejím případě jsou však uvažovány rozdíly rychlostí větru na referenční a cílové řadě, nikoli jejich podíly, a tato metoda navíc pracuje s průměrnými hodnotami těchto rozdílů namísto jejich empirického rozdělení. Zda je zde variabilita rozdílů nějakým způsobem řešena se mi z dostupné dokumentace nepodařilo jednoznačně pochopit, zřejmě však ne. Výhodou implementace "maticové metody" ve WindPro je aplikace promyšleného postupu pro interpolaci a extrapolaci průměrných rozdílů i mimo kategorie, které neobsahují dostatek trénovacích dat.

V některých ohledech je Metodě 1 podobná i "Scatter method" ([King & Hurley, 2005, cit. dle Carta et al., 2013](#)), která taktéž vybírá konkrétní termín trénovacích dat ke každému doplňovanému termínu. Tato metoda však vůbec nepracuje s kategorizací dat ve smyslu Metody 1 a odlišný je i způsob korekce rychlosti větru.

3.4.2 Metoda 2

Druhá metoda, pro jednoduchost bude nazývána jako *Metoda 2*, odpovídá skupině metod v [kapitole 3.3.5](#) a efektivně spojuje výhody různých existujících postupů založených na podmíněných pravděpodobnostech kategorií referenčních a cílových dat.

Prvním principem, který Metoda 2 využívá, je korekce četností jednotlivých kategorií k_c , vymezených podle rychlosti a směru větru na cílové řadě, ve smyslu vzorce (11) či prací ([Walmsley & Bagg, 1978](#)) a ([García-Rojo, 2004](#)).

Vzhledem k tomu, že při relativně větším rozměru jednotlivých kategorií k_r může být průměrná větru rychlost v rámci jednotlivých kategorií v cílovém a trénovacím období odlišná (při malém rozměru kategorií k_r zase vystupuje do popředí problém prázdných kategorií), byla současně uvažována i korekce průměrných rychlostí větru ve smyslu vzorce (15) či práce ([Harstveit, 2004, cit. dle Carta et al., 2013](#)).

Takto kombinovaný postup má výhodu, že dobře řeší současně problematiku simulace rychlosti i směru větru. Stále se však musí potýkat se skutečností, že jeho výsledkem jsou pouze statistické charakteristiky větru v cílovém období, nikoli časová řada hodnot. To u řady aplikací nemusí vadit, někdy však může být realistické časové přiřazení cílových dat výhodou, například pro odvození větrných statistik pro jednotlivé měsíce či roky. Za tímto účelem lze využít následující úvahy:

Jestliže lze kategorie cílové řady k_c vymezovat libovolně, pak mohou být v principu nekonečně malé a každá jednotlivá kombinace rychlosti a směru větru na cílové řadě zaznamenaná v termínu T^t v trénovacím období může být vlastně představitelem jedné samostatné "minikategorie" k_c . Pro tyto "minikategorie" platí stejný vztah (11), jako v případě "velkých" kategorií. Jediným rozdílem je, že celá "minikategorie" k_c je spojena pouze s jedinou referenční kategorií k_r . Pokud se v cílovém období vůči trénovacímu změni pravděpodobnost kategorie k_r , změní se adekvátně i pravděpodobnost příslušné minikategorie k_c . Tuto změnu pravděpodobnosti k_c lze vyjádřit například "prodloužením" termínu T^t z délky $t(T^t)$ na $t_c(T^t)$, jak to udělali King & Hurley (2004) v "Moulded site method", byť sami autoři svoji metodu interpretovali jinak. Ani v tomto případě ovšem není výsledkem reálná časová řada větru v doplňovaném období.

Namísto korekce "délky" termínu uplatněné v King & Hurley (2004) je ale možno postupovat jinak. Pokud se ke každému termínu T^d v cílovém období podle jeho příslušnosti do k_r přiřadí v souladu s rozdělením podmíněných pravděpodobností $\frac{p^t(k_r, k_c)}{p^t(k_r)}$ jedna (mini)kategorie k_c , pak se výsledná pravděpodobnost $p^d(k_c)$ výskytu (mini)kategorie k_c za celé doplňované období stále přibližně řídí vzorcem (11) (v rámci omezení daného délkou doplňovaného období a diskrétním charakterem dat). Vzhledem k tomu, že "minikategorie" k_c reprezentuje směr a rychlost větru $v_c(T^t)$ a $D_c(T^t)$ v konkrétním termínu T_t , jde o přiřazení větrných podmínek v termínu T^t k termínu T^d . Na rozdíl od "Moulded site method" je však změna pravděpodobnosti k_c vyjádřena nikoli "prodloužením" termínu T^t , ale změnou pravděpodobností jeho výskytu, respektive počtem jeho přiřazení v doplněné časové řadě. Průměrnou rychlost větru v "minikategorii" k_c lze v souladu se vzorcem (15) a shodně jako v "Moulded site method" (17), (King & Hurley, 2004) jednoduše korigovat aplikací poměru průměrných rychlostí $\frac{\bar{v}_r^d(k_r)}{\bar{v}_r^t(k_r)}$.

Nakonec pak není nutno hovořit o "minikategoriích" k_c , neboť jde fakticky o jednotlivé termíny T^t . Kategorie k_r lze podobně jako u ostatních metod označovat jednoduše jako k . Simulaci termínových hodnot směru a rychlosti větru lze tedy vyjádřit vztahy:

$$\begin{aligned} D_c(T^d) &= D_c(T^t) \\ v_c(T^d) &= v_c(T^t) * \frac{\bar{v}_r^d(k)}{\bar{v}_r^t(k)} \\ T^d &\in k, T^t \in k \end{aligned} \tag{20}$$

Praktický postup je ve výsledku analogický Metodě 1. Nejprve jsou vymezeny kategorie k podle rychlosti a směru větru na referenční řadě, alternativně i podle dalších okolností. Těmto kategoriím jsou přiřazeny konkrétní termíny trénovacího a cílového období. V druhém kroku je ke každému termínu T^d doplňovaného období přiřazen jeden termín T^t z trénovacího období,

který spadá do stejné kategorie, přičemž je dbáno na to, aby všechny termíny T^t spadající do kategorie k byly při doplňování zastoupeny shodně.

Podobně jako v Metodě 1 může být výhodou přiřazování jednotlivých termínů podle kvantilů rychlostí větru v jednotlivých kategoriích, v tomto případě však především ve prospěch realističtější simulace termínových hodnot rychlostí větru na cílové časové řadě. Také vymezení samostatné kategorie pro termíny s nízkými rychlostmi větru bez ohledu na jeho směr může být v některých ohledech výhodou.

3.4.3 Způsob vymezení kategorií

Samostatnou úlohou, která je shodná pro obě popsané metody, je sestavení seznamu kategorií k . Jak již bylo diskutováno, při volbě počtu, a tedy i velikosti kategorií, je nutno vyvažovat mezi rizikem příliš malé citlivosti a rozlišení metody při nízkém počtu velkých kategorií a rizikem přetrénování či velkého počtu "prázdných" či minimálně obsazených kategorií při vysokém počtu malých kategorií. V každém případě je nutné nějakým způsobem případy prázdných či málo obsazených kategorií zohlednit.

Nejjednodušší variantou je termíny T^d doplňovaného období spadající do nedostatečně obsazených kategorií buď zcela vyřadit ze simulace, nebo nahradit hodnotami z jiných termínů. Tento přístup však může vést ke vzniku nezanedbatelných chyb, zvláště při velkém podílu vyřazovaných či nahrazovaných termínů (Vermeulen et al., 2001, cit. dle Carta et al., 2013), viz též kapitulu 3.6.5. Druhou možností je použití interpolace mezi kategoriemi, jak tomu je v případě "maticové" metody software WindPro (EMD International A/S, 2008). Třetí možností je přístup, kdy se rozsah kategorií řídí podle množství trénovacích dat. Tohoto principu využívá například metoda DynaSort (King & Hurley, 2005), kde jsou jednotlivé směrové kategorie vymezeny tak, aby obsahovaly stejný počet dat.

Ve vlastních metodách používám postup založený na slučování kategorií s podlimitní četností trénovacích dat do větších celků:

Nejprve je definováno *základní členění* dat do kategorií podle směru větru a rychlosti větru na referenční řadě, případně i podle dalších okolností, kterými jsou příslušnost k denní době či sezóně. Na základě toho jsou vymezeny *základní kategorie*, tvořené všemi kombinacemi v rámci základního členění. Například při 36 směrových sektorech, 5 rychlostních kategoriích a rozdělení dat na dvě sezóny se jedná o $36 \times 5 \times 2 = 360$ podrobných kategorií.

Základní kategorie jsou následně slučovány do tzv. *sloučených kategorií* tak, aby každá z nich obsahovala alespoň minimální předem definovaný počet termínů trénovacího období. Nejprve je určena společná kategorie nejnižších rychlostí větru. Ta slučuje data ze všech směrů větru (z příslušné denní doby či sezóny, pokud jsou tyto součástí základního členění) v nejnižší rychlostní kategorii základního členění (a na rozdíl od ostatních kategorií není limitovaná minimálním počtem dat). Slučování dále pokračuje již jen v rámci ostatních podrobných kategorií. V první řadě je analyzován samostatně každý směrový sektor (v dané denní době a sezóně). V rámci tohoto sektoru jsou základní kategorie slučovány se sousedními kategoriemi do té doby, dokud výsledné sloučené kategorie nemají alespoň minimální předem definovaný počet dat. Pokud ani v celém směrovém sektoru (mimo nejnižší rychlostní kategorii) není dostatečný počet dat, což by mělo nastávat jen zřídka, pak dojde v druhé řadě ke slučování

sousedních směrových sektorů. Výsledkem je seznam různě rozsáhlých kategorií, které v případě hojně zastoupených směrových sektorů sledují podrobnější členění po rychlostech větru, u málo zastoupených sektorů je toto členění řidší a nejméně zastoupené sektory jsou sloučeny dohromady.

Popsaný postup samozřejmě není ve všech ohledech ideální, jde o kompromis mezi jednoduchostí použitého algoritmu a jeho efektivitou. Je nepochybné, že v této oblasti je možno hledat další možnosti optimalizace a například provádět slučování kategorií napříč směry a rychlostmi větru s případným využitím pokročilejších statistických metod. Jde podle mého názoru o úlohu, kde existuje potenciál k dalšímu dílčímu zlepšení přesnosti metod MCP.

Otázkou volby je i samotné základní členění kategorií. V první řadě jde o směry větru. Obvyklé je členění podle směru větru na referenční stanici do 12 sektorů po 30°, případně do většího počtu směrových sektorů, typicky 36 sektorů po 10°.

Členění do kategorií po rychlostech větru bývá obvykle prováděno po 1 m/s, například [Salmon & Walmsley \(1999\)](#) ale použili dokonce členění po 0,5 m/s. Ve vlastních metodách vycházím z předpokladu, že chování termínových rychlostí i směrů větru je citlivější na rozdíly mezi rychlostmi větru při nízkých rychlostech větru a s rostoucí rychlostí větru tato citlivost klesá. Například poměr průměrných rychlostí větru, variabilita podílů rychlostí větru či variabilita rozdílů směrů větru na referenční a cílové řadě jsou při rychlosti větru 2 m/s výrazně odlišné od hodnot při rychlosti větru 4 m/s. Naproti tomu při 8 m/s a 10 m/s jsou tyto vlastnosti již poměrně podobné. Druhou okolností je, že při vyšších rychlostech větru četnost s rostoucí rychlostí větru výrazně klesá a nemá proto smysl zde vyčleňovat malé kategorie s minimem dat.

Velikost kategorií proto definuji relativně k rychlostem větru v rámci kategorie. Konkrétně členění závisí na dvou parametrech, kterými jsou horní hranice nejnižší rychlostní kategorie (v procentech průměrné rychlosti větru) a relativní velikost kategorie (v procentech rychlosti její dolní hranice). Například při průměrné rychlosti větru 5 m/s, hranici dolní rychlostní kategorie 30 % a relativní velikosti kategorie 40 % jsou vymezeny kategorie následovně:

0 – 1,5 m/s

1,5 m/s – 2,1 m/s

2,1 m/s – 2,94 m/s

2,94 m/s – 4,12 m/s

4,12 m/s – 5,76 m/s

5,76 m/s – 8,07 m/s

8,07 m/s – 11,29 m/s

11,29 m/s – 15,81 m/s

atd.

V případě výskytu hodnoty na rozhraní dvou kategorií nebo v jeho těsné blízkosti, je tato hodnota se stejnou pravděpodobností náhodně přiřazena do horní nebo do dolní kategorie.

Vedle členění podle směru a rychlosti větru je alternativně možno použít taktéž členění podle denní doby a sezóny. V případě členění podle denní doby obvykle používám zjednodušené rozdělení na:

den: od 8h do 17h

noc: od 18h do 24h, od 0h do 7h

V případě sezóny obvykle používám rozdělení na:

teplou(světlou) část roku: od dubna do září

chladnou(tmavou) část roku: od října do března.

3.5 Porovnání metod MCP a různých druhů referenčních dat - metodika

3.5.1 Srovnávací studie v dostupné literatuře

Řada studií zabývajících se problematikou MCP obsahuje též určitou verifikaci použitých metod či jejich srovnání s alternativními výpočetními postupy. Společným rysem většiny těchto prací jsou však malý rozsah dat použitých pro verifikaci, značná nejednotnost použitých postupů či verifikačních kritérií a často též jejich nedostatečná dokumentace. Ve výsledku jen malá část z prací, které se mi podařilo k tématice MCP dohledat, obsahuje takové porovnání, ze kterého by bylo možno činit obecněji platné závěry.

Asi nejčastěji zmiňovanou studií je práce [Rogers et al. \(2005\)](#), kteří prováděli porovnání čtyř koncepčně odlišných výpočetních postupů: "maticové" metody podle [Mortimera \(1994, cit. dle Rogers et al., 2005\)](#), lineární regrese po směrových sektorech podle [Derricka \(1992, cit. dle Carta et al., 2013\)](#), dvourozměrné lineární regrese pro obě složky vektoru větru dle [Nielsen et al. \(2001, cit. dle Carta et al., 2013\)](#) a vlastní lineárně regresní metody "variance ratio". Porovnání bylo provedeno na 8 párech referenčních / cílových časových řad větru o délce souběžného trvání 2-5 let, nacházejících se v různých typech terénu, o vzájemné korelaci okolo 70 %. Testování bylo prováděno pro různé délky trénovacího období. Zjišťována byla úspěšnost testovaných metod podle těchto kritérií: i) průměrná rychlost větru, ii-iii) parametry A rozměru a k tvaru Weibullova rozdělení rychlosti větru, iv) normalizovaná statistika Chi-kvadrát rozdělení rychlostí větru po 1 m/s, v) normalizovaná statistika Chi-kvadrát rozdělení směrů větru po 45°, vi) kapacitní faktor fiktivní větrné elektrárny. Zjišťovány byly průměrné hodnoty těchto kritérií ze všech testů a směrodatná odchylka těchto kritérií od jejich průměrné hodnoty. Studie dospěla k závěru, že z testovaných metod dávají nejlepší výsledky "maticová" metoda a navržená metoda "variance ratio".

Poměrně velké množství dat pro testování různých metod použil [Anderson \(2004\)](#). Ve své práci se zaměřil na porovnání výsledků tří lineárně regresních metod, které se liší způsobem určení regresních parametrů (metoda nejmenších čtverců a dvě varianty ortogonální regrese). Čtvrtou porovnávanou metodou byla "maticová" metoda založená na podmíněné pravděpodobnosti výskytu kategorií na referenční a cílové řadě ([kap. 3.3.5](#)). Ke srovnání bylo použito 106 párů dat o délce souběžného trvání typicky okolo 2 let, z čeho byla vždy polovina použita jako trénovací data a polovina pro verifikaci. Vzájemná korelace použitých řad se

pohybovala převážně mezi 70 a 90 %. Rozdělení na dvě poloviny bylo prováděno dvěma způsoby, buď se jednalo o dva kompaktní bloky dat (první polovina jako trénovací a druhá jako verifikační), nebo byla data vybírána "prokládaným" způsobem, kdy byly liché měsíce brány jako trénovací soubor a sudé měsíce pro verifikaci. Testovacími kritérii byla velikost systematické a střední kvadratické chyby v určení průměrné rychlosti větru a průměrné hustoty výkonu. Ze srovnání vyplývá, že celkově nejvyrovnanější a nejspolehlivější výsledky dávala "maticová" metoda. Současně bylo zjištěno, že testování na základě "prokládaného" výběru dat dávalo podstatně lepší výsledky než při přirozeném výběru souvislého trénovacího a verifikačního období. To lze alespoň z části vysvětlit určitou setrvačností či přirozenými trendy větrných podmínek. Nabízí se však otázka, zda značný zjištěný rozdíl není částečně dán též výskytem nehomogenit alespoň na některých z použitých časových řad.

Další solidně rozsáhlý soubor testovacích dat použili [Weekes & Tomlin \(2014\)](#). Ti pracovali s 22 páry stanic (vzájemná korelace řad ve smyslu Pearsonova korelačního koeficientu nejčastěji mezi 70 a 90 %), každý z nich však obsahoval celých 11 let souběžných dat, z toho byl vždy 1 rok použit jako trénovací a zbylých 10 let pro verifikaci. Porovnání testovalo pouze tři druhy metod: prostou lineární regresi, lineární regresi se zahrnutím gaussovské simulace reziduí a často zmiňovanou metodu "variance ratio". Byla testována úspěšnost simulace průměrné rychlosti větru, hustoty výkonu, rozptylu rychlostí větru a parametru k tvaru Weibullova rozdělení. Pro tato kritéria byla zjišťována průměrná absolutní chyba a systematická odchylka. Z hlediska průměrné rychlosti větru byl výsledek testování pro všechny metody prakticky shodný: relativní chyba činila přibližně 4,8 % rychlosti větru a je otázkou, zda opět nejde částečně o produkt nehomogenity testovaných řad, které se při takto dlouhém období prakticky nelze vyhnout. Pokud však jde o ostatní parametry, které zohledňují i variabilitu větru, jsou již rozdíly mezi metodami zřejmé. Zdaleka nejhorší byla pochopitelně prostá lineární regrese, ale i v případě gaussovské simulace reziduí dávala lineární regrese mírně horší výsledky než metoda "variance ratio".

Relevantní porovnání více metod obsahuje taktéž článek ([Carta & Velázquez, 2011](#)). Zde byly srovnávány metoda podmíněné pravděpodobnosti výskytu kategorií ([García-Rojo, 2004](#)), metoda korekce Weibullova rozdělení ("Weibull scale method" ([Clive, 2008](#))), metoda "variance ratio" a jejich vlastní metoda založená na podmíněně pravděpodobnostním funkčním vztahu. Pro testování bylo použito 6 stanic rozmístěných v prostoru Kanárského souostroví a vzájemně vzdálených řádově nižší stovky kilometrů. Z toho vyplývá i poměrně nízká úroveň korelace, pouze okolo 50 %. Testováno bylo prováděno na bázi "každá s každou", tedy pro 30 dvojic řad souběžných dat o délce 10 let, z čeho byl vždy jeden kalendářní rok vybrán jako trénovací a simulováno bylo celé 10-leté období. Hodnocena byla rozdělení rychlostí větru, hustoty výkonu a výroby energie větrnou elektrárnou. Ve výsledku dávala pro rozdělení rychlostí větru výrazně nejlepší výsledek autorská metoda pravděpodobnostních funkcí. Pro rozdělení hustoty výkonu byla tato metoda v těsném závěsu za metodou podmíněných pravděpodobností. Ostatní metody výrazně ztrácely.

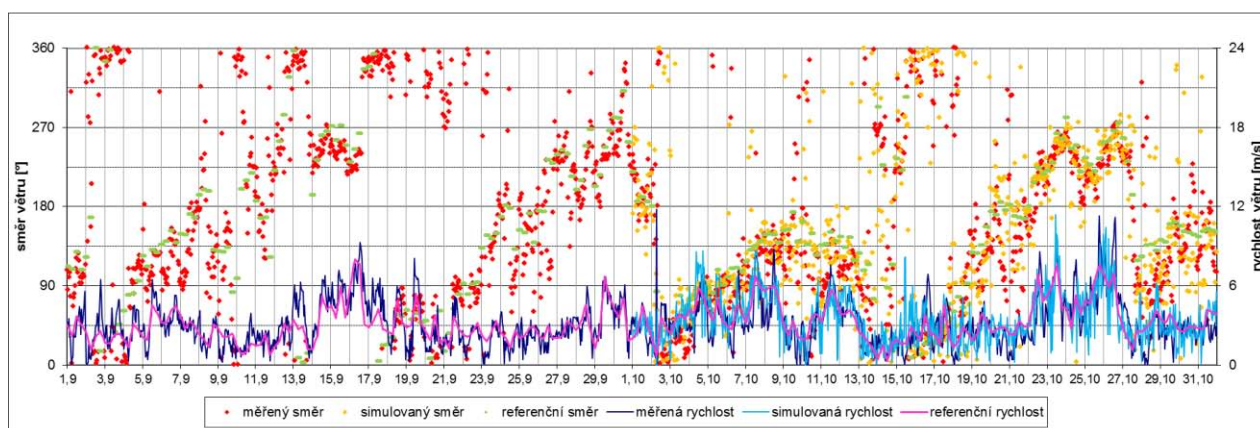
V souhrnu lze konstatovat, že dosavadní studie nedávají ucelený obrázek o vlastnostech a přesnosti různých metod MCP. Jednotlivé práce se svým pojetím navzájem liší, ať již jde o výběr testovaných metod, o metodiku testování, výběr testovacích kritérií či charakter použitých větrných dat. Určitou shodu lze nalézt v tom, že obecně dobré výsledky dávaly

"maticové" metody, ať již jsou pod tímto pojmem myšleny metody ve smyslu podmíněných pravděpodobností nebo ve smyslu členění na kategorie po směrech a rychlostech větru. Ze skupiny metod blízkých lineární regresi zřejmě vyniká metoda "variance ratio", která při své jednoduchosti umožňuje relativně slušnou simulaci četnostního rozdělení rychlostí (toto tvrzení ale částečně popírá srovnání [Carta & Velázquez \(2011\)](#)). Dále lze ve většině prací (nejen ve výše zmíněných) vysledovat pravidlo, že obvykle nejlépe či alespoň obecně "velmi dobře" vychází autorská metoda, představovaná v příslušném článku.

3.5.2 Princip testování metod MCP

Cílem provedeného testování bylo porovnání přesnosti různých typů metod MCP a jejich variant a porovnání výhodnosti použití různých druhů referenčních dat.

Základní princip je jednoduchý. Podmínkou je existence dvou větroměrných řad, pro které lze nalézt dostatečně dlouhé období, kdy existují souběžně a jsou vzájemně homogenní. Délka tohoto období musí umožnit rozdělení dat na dvě části, z nichž jedna je použita pro trénink modelu a druhá pro testovací simulaci větroměrných dat. Simulovaná data lze následně porovnat se skutečnými daty na cílové řadě ([obr. 3.3](#)). Rozdíly mezi simulovanými a skutečnými (měřenými) daty ukazují nepřesnost aplikace MCP. Nelze však samozřejmě rozlišit, zda jsou příčinou nepřesnosti nedostatky metody MCP, přirozená variabilita větrných podmínek či nehomogenita na jedné z použitých časových řad.



Obr. 3.3 Testování metody MCP. V doplňovaném období jsou ve skutečnosti k dispozici skutečná naměřená data, se kterými je možno simulovaná data porovnat. Konkrétně zde byla použita Metoda 1 ve standardní variantě (viz níže).

Jednotlivé metody i testovací procedura byly naprogramovány v jazyce Visual Basic for Application, s využitím prostředí MS Excel především pro analýzu dosažených výsledku.

3.5.3 Použitá testovací data

Jedním ze záměrů testování bylo ověřit úspěšnost metod MCP v různých cílových lokalitách. Pro tento účel byla použita měření větru z profesionálních meteorologických stanic; bylo vybráno 13 stanic, které se na základě subjektivního zhodnocení jeví jako kvalitní a

relativně málo postižené nehomogenitami. Aby byl dále omezen vliv nehomogenit obsažených v použitých datech, byla použita pouze data ze 4-letého období 2005-2008.

Nevýhodou použití měření na meteorologických stanicích je, že tato měření jsou obvykle prováděna ve výšce 10 m nad povrchem a v normálně větrných lokalitách, zatímco měření větru na dočasných stožárech, která jsou nejčastějším cílem použití metod MCP, bývají situována převážně do lokalit orograficky exponovaných a výrazně větrných, a ve větších výškách nad zemí. Jiná možnost však nebyla, neboť stožárová měření větru zpravidla trvají příliš krátkou dobu a možnosti jejich použití pro testování jsou omezené. Na druhou stranu využití širšího spektra meteorologických stanic umožňuje porovnání, jak tyto metody fungují v rámci rozmanitých větrně klimatických podmínek a zda by mohlo být jejich použití účelné i v rámci jiných meteorologických či klimatologických aplikací, než je větrná energetika. Lze přitom očekávat, že alespoň v základních rysech bude fungování metod MCP pro běžná meteorologická měření a měření stožárová přibližně podobné.

Jako referenční lze obecně použít dva typy větroměrných dat. První možností je použití měření větru na meteorologické stanici nacházející se v okolí cílového měření, druhou možností je použití větru odvozeného z reanalýz. V rámci provedeného porovnání byly testovány obě tyto možnosti a pro každý typ referenčních dat byl testován větší počet potenciálních zdrojů.

Co se týče meteorologických stanic, byl jako zdroj referenčních dat použit stejný soubor meteorologických stanic, který byl testován v pozici cílových dat. Praktický význam má samozřejmě především použití referenčních stanic nejbližších či nejvíce podobných lokalitám cílového měření, výpočet však byl proveden pro všechny kombinace referenčních a cílových stanic. Seznam stanic a jejich vzájemné vzdálenosti ukazuje, [tab. 3.1](#). Podobně jako v [Příloze 1](#) jsou kombinace stanic vzdálených od sebe více než 100 km označeny červeně.

	n.v. [m]	Doksany	Kopisty	B-Tuřany	O-Porub.	P-Libuš	Kuchař.	P-Ruzyně	Č.Buděj.	Cheb	Luká	K.Mysl.	Mileš.
Doksany	158		40	232	294	54	223	40	168	134	219	171	20
Kopisty	240	40		269	334	84	256	67	186	103	258	202	22
Brno-Tuřany	241	232	269		129	188	54	205	164	327	58	92	252
Ostrava-Poruba	242	294	334	129		267	184	282	285	415	89	211	313
Praha-Libuš	300	54	84	188	267		173	17	116	147	185	119	71
Kuchařovice	335	223	256	54	184	173		190	119	298	107	57	242
Praha-Ruzyně	364	40	67	205	282	17	190		128	133	200	135	56
České Budějovice	388	168	186	164	285	116	119	128		194	196	74	181
Cheb	483	134	103	327	415	147	298	133	194		331	242	122
Luká	511	219	258	58	89	185	107	200	196	331		123	238
Kostelní Myslová	563	171	202	92	211	119	57	135	74	242	123		189
Milešovka	833	20	22	252	313	71	242	56	181	122	238	189	

Tab. 3.1 Přehled použitých meteorologických stanic, jejich nadmořské výšky (n.v.) a vzájemné vzdálenosti. Podobně jako v [Přílohách](#) jsou vzdálenosti více než 100 km značeny červeně.

Vedle toho byla testována možnost použití výstupů ze 3 souborů reanalýz. Jedná se o reanalýzy NCEP/NCAR ([Kalnay et al., 1996](#)), ERA Interim ([Dee et al., 2011](#)) a MERRA ([Rienecker et al., 2011](#)). V rámci těchto reanalýz byly testovány různé druhy výstupů ([tab. 3.2](#)):

V prvé řadě lze z reanalýz získat dva druhy informace o větru. První je *modelový vítr*, tedy vítr, jehož hodnoty (po složkách) jsou přímo simulovány v rámci reanalýz, druhou variantou je *geostrofický vítr*, který lze spočítat z rozdílů (geopotenciálních) výšek příslušné tlakové hladiny

v sousedních uzlových bodech. Geostrofický vítr byl pro jednoduchost počítán tak, že pro výpočet severojižní složky větru byl uvažován rozdíl výšek tlakové hladiny v uzlových bodech na západ a na východ od uvažovaného uzlového bodu a pro výpočet západovýchodní složky větru byl uvažován rozdíl mezi body na sever a na jih od uvažovaného bodu. Tento zjednodušený způsob výpočtu vede k určitému shlazení pole větru nad rámeček shlazení, které nevyhnutelně vyplývá z prostorového rozlišení modelu. Nejen z tohoto důvodu by měl teoreticky lépe simulovat skutečné větrné podmínky modelový vítr, použití geostrofického větru může mít smysl při pochybnostech o homogenitě časových modelového větru (pokud ovšem případná nehomogenita modelového větru nesouvisí s časovou nehomogenitou pole geopotenciálu).

Dále je možno uvažovat data v různých tlakových či výškových hladinách. Jako logická volba se nabízí použití co nejnižších hladin, respektive simulace přízemního větru, ta však může být v některých případech problematická. Z toho důvodu bylo testováno využití dat o větru nejen z nejnižších úrovní, ale taktéž pokud možno z hladin 925 hPa 850 hPa.

zkrácený název	reanalýza	časové rozlišení	prostorové rozlišení	hladina	typ dat
nc_925g	NCEP/NCAR	6h	2,5 × 2,5°	925 hPa	geostrofický vítr
nc_925w	NCEP/NCAR	6h	2,5 × 2,5°	925 hPa	modelový vítr
nc_850g	NCEP/NCAR	6h	2,5 × 2,5°	850 hPa	geostrofický vítr
nc_850w	NCEP/NCAR	6h	2,5 × 2,5°	850 hPa	modelový vítr
era_1000g	ERA Interim	6h	0,75 × 0,75°	1000 hPa	geostrofický vítr
era_1000w	ERA Interim	6h	0,75 × 0,75°	1000 hPa	modelový vítr
era_925g	ERA Interim	6h	0,75 × 0,75°	925 hPa	geostrofický vítr
era_925w	ERA Interim	6h	0,75 × 0,75°	925 hPa	modelový vítr
era_850g	ERA Interim	6h	0,75 × 0,75°	850 hPa	geostrofický vítr
era_850w	ERA Interim	6h	0,75 × 0,75°	850 hPa	modelový vítr
me_2m	MERRA	1h	0,33 × 0,5°	2 m nad povrchem	modelový vítr
me_10m	MERRA	1h	0,33 × 0,5°	10 m nad povrchem	modelový vítr
me_50m	MERRA	1h	0,33 × 0,5°	50 m nad povrchem	modelový vítr
me1_850g	MERRA	1h	0,33 × 0,5°	850 hPa	geostrofický vítr
me1_850w	MERRA	1h	0,33 × 0,5°	850 hPa	modelový vítr

Tab. 3.2 Přehled použitých výstupů z reanalýz. Prostorové rozlišení udává délku kroku ve stupních zeměpisné délky a zeměpisné šířky.

Před aplikací metod MCP bylo nutno sjednotit čas a časové rozlišení různých zdrojů dat. Konkrétně data z meteorologických stanic byla původně v časovém rozlišení 15 minut a ve středoevropském (zimním) čase, data z reanalýz MERRA v časovém rozlišení 1 hodina a data z reanalýz ERA Interim a NCEP/NCAR v časovém rozlišení 6 hodin, vše v univerzálním čase UTC. Sjednocení bylo provedeno tak, že byla všechna data převedena na středoevropský (zimní) čas a jednotnou délku intervalu 1 hodina. Původně 15-minutová staniční data byla ořezána o měření větru mimo termíny v celou hodinu, byly tedy použity původní 15-minutové průměry větru v hodinovém intervalu. Data reanalýz, která byla původně v 6-hodinovém

intervalu, byla lineárně interpolována do hodinového intervalu. V případě rychlosti větru byla použita lineární interpolace, v případě směru větru byl použit směr větru z nejbližšího termínu původních dat (v případě "prostředního" termínu, tedy například v 03 h UTC, byl použit směr větru z termínu předcházejícího, tedy 00 UTC).

Z prostorového pohledu byl použit vždy nejbližší uzlový bod reanalýzy vůči souřadnicím cílové stanice.

3.5.4 Výběr trénovacího a verifikačního období

Délku trénovacího období je v principu možno volit různě a testovat tak její vliv na přesnost výsledku. Tato otázka však již byla v řadě prací dobře zdokumentována (viz [kapitolu 3.2.2](#)) s poměrně jednoznačným závěrem, že optimální délka trénovacího období (alespoň pro obvyklou aplikaci metod MCP na dočasná stožárová měření větru) činí 1 rok, což je ostatně považováno za všeobecný standard. Testování proto bylo prováděno pro *pevnou délku trénovacího období 1 rok*.

Pro verifikaci byla použita data ze zbývajících částí 4-letého období, tedy za dobu 3 let. Taková doba je pro účel verifikace bohatě dostatečná, neboť cílem není určení dlouhodobého normálu, ale právě porovnání simulovaných a reálných dat.

Pokud by mělo být testování prováděno na základě navzájem nepřekrývajících se trénovacích období, pak by čtyřletá celková délka použitých dat umožnila pro každý pár referenční/cílová stanice pouze 4 provedení metody MCP. Takový počet testů je však dosti nízký. Zvýšení počtu testů je možno dosáhnout použitím navzájem se částečně překrývajících trénovacích období a dále pak rozdělením dat na kratší časové úseky a sestavením trénovacích a verifikačních období z různých kombinací těchto úseků. Při tomto přístupu je nutno se vyrovnat se třemi skutečnostmi:

1) Jestliže se trénovací období v různých testech částečně opakují, pak tyto testy nejsou navzájem zcela nezávislé. Kvantifikovat, do jaké míry opakování částí trénovacích období snižuje jedinečnost výsledků jednotlivých testů, je ovšem obtížné. Prakticky se lze omezit na dvě tvrzení kvalitativního charakteru:

i) vzhledem k tomu, že vztah mezi charakteristikami trénovacích dat a výslednou přesností metod MCP není lineární, přináší aplikace většího počtu částečně se překrývajících kombinací trénovacích dat novou informaci a má lepší vypovídací schopnost pro vzájemné srovnání různých metod či referenčních dat než by mělo použití pouze 4 navzájem nezávislých testů,

ii) vzhledem k tomu, že jednotlivé testy nejsou navzájem nezávislé, má soubor výsledků většího počtu testů nižší počet stupňů volnosti, než pokud by se o navzájem nezávislé testy jednalo. Do jaké míry se tato volnost snižuje však nelze jednoduše určit, což mimo jiné prakticky znemožňuje určení statistické významnosti zjištěných výsledků. Ani jiné práce porovnávající metody MCP se o hodnocení statistické významnosti svých závěrů nepokoušejí, zřejmě z podobných důvodů.

2) Situace, kdy je použito kompaktní nepřerušené trénovací období, není zcela totožná s použitím trénovacích dat seskládaných z více nesousedících časových úseků. Vzhledem k setrvačnosti větrných (a obecně povětrnostních) podmínek každý "časový skok" mezi různými

segmenty dat zvyšuje zachycenou variabilitu podmínek. Data poskládaná z různých časových úseků proto umožňují lepší výsledek než je tomu v reálné situaci, kdy je trénovací období kompaktní. Má-li tedy výběr trénovacích dat co nejlépe odpovídat reálné situaci, je vhodné použít buď souvislý blok těchto dat, nebo alespoň použít data složená z malého počtu dlouhých souvislých časových úseků.

3) Při výběru trénovacích dat je nutno vzít v úvahu možnost vlivu denního či ročního chodu na vztah mezi referenční a cílovou řadou. Z tohoto důvodu je nutno, aby byly všechny denní doby a sezóny zastoupeny v trénovacím a cílovém souboru dat shodně.

S přihlédnutím k výše uvedenému byl proveden výběr trénovacích dat v rámci celkového 4-letého období takto:

- trénovací období sestává (až na výjimku) ze 4 souvislých časových úseků o trvání 3 měsíce

- v rámci 4 let trénovacích dat je každý měsíc zastoupen v rámci trénovacího období se stejnou pravděpodobností

- trénovací období má vždy délku 12 měsíců, kde je každý kalendářní měsíc (leden, únor, ... atd.) zastoupen právě jednou

Konkrétně byl použit následující algoritmus: Nejprve je libovolně vybrán první měsíc trénovacího souboru (například březen) a k tomuto měsíci jsou přiřazeny dva měsíce po něm následující (tedy duben a květen). Tím je vytvořen první blok trénovacích dat. Dále je vybrán z hlediska sezóny následující měsíc (tedy červen), avšak libovolně z uvedených čtyř roků. K tomuto měsíci jsou opět přiřazeny další dva měsíce následující (červenec, srpen) pro vytvoření druhého bloku. Tento postup je pak opakován ještě dvakrát až do počtu 12 měsíců. Výjimku tvoří období začínající listopadem 2008 nebo prosincem 2008, kdy je za návazný měsíc po prosinci 2008 považován leden 2005 (tedy například listopad 2008 + prosinec 2008 + leden 2005).

Popsaným způsobem je možno ze 4 let dat vytvořit celkem 3×4^4 , tedy 768 různých trénovacích souborů. Ty se však v některých případech liší pouze jediným měsícem a kalkulace všech variant by proto přinášela značné duplicity. Mimo jiné také z důvodu výpočetní náročnosti bylo proto testování prováděno pouze pro omezený počet variant (*běhů*). Jednotlivé běhy byly voleny náhodně skrze náhodnou volbu prvního měsíce trénovacího období a skrze náhodnou volbu roků pro první měsíce zbývajících tří bloků. V rámci provedeného testování bylo počítáno vždy 50 náhodně vybraných běhů. Výběr běhů byl v rámci jednoho porovnání vždy shodný, různá porovnání však byla prováděna s různými sestavami vybraných běhů.

3.5.5 Testované metody MCP a jejich varianty

Testovány byly tři varianty metod založených na jednoduchém lineárním vztahu, dále vlastní metody, reprezentující obě skupiny "maticových metod", a "*Nulová metoda*", která ukazuje, jaká by byla chyba v případě prostého použití dat z trénovacího období.

V rámci jednotlivých metod byly zkoumány různé varianty jejich provedení. V prvé řadě jde o možnost rozdělení dat podle směru větru na referenční řadě do 12 či 36 směrových

kategorií nebo o variantu bez rozdělení do směrových kategorií. Tyto tři varianty byly aplikovány na všechny testované metody (s výjimkou Nulové metody). V rámci vlastních metod pak byla testována řada dalších variant, které jsou jmenovány níže.

Nulová metoda

Bylo předpokládáno, že větrné podmínky v cílovém období jsou shodné s podmínkami v období trénovacím. Konkrétně byla časová řada konstruována tak, že byly každému termínu doplňovaného období přiřazeny směr a rychlost větru na cílové řadě v náhodně vybraném termínu trénovacího období. Vlivem náhody se výsledky Nulové metody mohou navzájem nepatrně lišit i v případě dvou totožných výpočtů.

Metody založené na lineárním vztahu

1) *Metoda poměrů*: rychlosti větru v termínech T_d doplňovaného období byly určeny podle jednoduchého vzorce (3)

2) klasická *Lineární regrese*

Rychlosti větru v termínech T_d byly určeny rovnicí.

$$v_c(T^d) = a(k) * v_r(T^d) + b(k); T^d \in k \quad (21)$$

Pro určení koeficientů lineární regrese byly konkrétně použity funkce "Slope" ($a(k)$) a "Intercept" ($b(k)$) z knihovny aplikace MS Excel. Simulace reziduí nebyla prováděna.

3) metoda *Variance ratio*: Termínové rychlosti větru v doplňovaném období byly určeny rovnicí (10), ve variantě s členěním dat po kategoriích:

$$v_c(T^d) = \frac{s_c^t(k)}{s_r^t(k)} * v_r(T^d) + \left[\bar{v}_c^t(k) - \left(\frac{s_c^t(k)}{s_r^t(k)} \right) \bar{v}_r^t(k) \right]; T^d \in k \quad (22)$$

Žádná z těchto metod sama o sobě nezahrnuje simulaci směru větru. Ta musela být provedena odděleně. K tomu byly použity dva alternativní postupy:

V první variantě byl použit směr větru, který byl v daném termínu na referenční stanici, jednalo se tedy jen o formální doplnění dat dle vztahu

$$D_c(T^d) = D_r(T^d) \quad (23)$$

Ve druhé variantě byla použita hodnota směru větru na referenční řadě, posunutá o průměrný rozdíl mezi směrem větru na cílové a referenční řadě v trénovacím období v příslušné kategorii, jak navrhuje například [King & Hurley \(2005, cit. dle Carta et al., 2013\)](#), tedy:

$$D_c(T^d) = D_r(T^d) + \frac{\sum_{T^t=1}^{N^t(k)} (D_c(T^t) - D_r(T^t))}{N^t(k)}; T^d \in k, T^t \in k \quad (24)$$

Pod symboly + a – jsou zde uvažovány úhlové posuny na kružnici, podobně jako ve vzorci (18).

Tato varianta bude označována jako *Metoda posunu*

Vlastní metody

V případě vlastních metod, nazvaných jednoduše jako *Metoda 1* a *Metoda 2* bylo doplnění provedeno podle postupů vysvětlených v kapitole 3.4. Pro tyto metody byla testována řada variant:

Za prvé jde o varianty výpočetního postupu. První variantní možností je, zda je či není prováděno "seřazené" přiřazování termínů T^d a T^r (tedy přiřazování termínů tak, aby rychlosti větru na referenční řadě v přiřazených termínech T^d a T^r odpovídaly stejnému kvantilu rozdělení rychlostí větru v rámci kategorie k). Druhou variantní možností je ne/provádění opravy simulovaných rychlostí větru. Konkrétně jde

- u Metody 1 o korekci simulovaných rychlostí větru tak, aby byl v rámci kategorie dodržen poměr $\frac{\bar{v}_c^t(k)}{\bar{v}_r^t(k)}$
- u Metody 2 o korekci použitých hodnot $v_c(T^r)$ z trénovacího období na poměr mezi průměrnými rychlostmi větru na referenční řadě v doplňovaném a trénovacím období $\frac{\bar{v}_r^d(k)}{\bar{v}_r^t(k)}$

Velký počet variant se nabízí v závislosti na definici základního členění kategorií. V případě směru větru jde o již zmíněné členění do 1, 12 či 36 sektorů. Dále jde o možnost členění podle denní doby či sezóny, vždy pouze do dvou kategorií popsanych v kapitole 3.4.3. Nejvíce variant pak nabízí členění podle rychlosti větru. Testovány byly různé možnosti stanovení horní hranice nejnižší rychlostní kategorie a relativní velikosti kategorie.

Poslední testovanou okolností je minimálního počet dat v kategorii. Tento minimální počet je částečně funkcí časového rozlišení dat. Vzhledem k hodinovému intervalu dat tak může postačovat i relativně nižší počet termínů než například při intervalu 10 minut. Byly proto zvažovány varianty minimální velikosti kategorie ve výši 6, 12 a 48 termínů trénovacího období. Pro srovnání byla uvažována i varianta, kdy postačuje jediný termín trénovacího období a varianta, kdy ke slučování nedochází a termíny doplňovacího období spadající do prázdných kategorií jsou ignorovány.

Nebylo samozřejmě možné testovat všechny kombinace uvedených variant, ve většině případů proto byly různé varianty testovány především vůči jedné základní variantě, která bude nazývána jako "standardní". **Standardní varianta** je:

- Metoda 1
- 36 sektorů směru větru
- "seřazené" přiřazování termínů
- aplikace opravy simulovaných rychlostí větru pro zachování poměru průměrných rychlostí
- bez zohlednění denní a roční doby (v některých případech i varianta jejich zahrnutí)
- "dynamické" základní členění podle rychlosti větru (viz kapitolu 3.4.3) s hranicí dolní rychlostní kategorie na úrovni 30 % průměrné rychlosti větru a relativní velikosti kategorie ve výši 40 % dolní hranice rychlostní kategorie
- sloučené kategorie obsahují minimálně 6 termínů trénovacího období (v některých případech i jiné varianty)

U každé testované varianty jsou ve zkráceném pojmenování uváděny okolnosti, které jsou od základní varianty odchylná, pouze typ metody a počet uvažovaných sektorů směru větru je uváděn vždy. Například varianta m1_36_RDCh se od standardní varianty liší tím, že je navíc uvažováno členění podle denní a roční doby.

3.5.6 Kritéria pro hodnocení přesnosti metod MCP

Jednoduché charakteristiky týkající se rychlostí větru

Průměrná rychlost větru

Jde o nejčastěji používanou charakteristiku větrných podmínek. Hodnotícím kritériem **h1** je proto rozdíl mezi průměrnými rychlostmi větru na simulované (v_s) a skutečně měřené (v_m) řadě. Výpočet byl proveden jednoduše jako průměr rozdílů pro všech n termínů t , které jsou k dispozici pro verifikaci:

$$h1 = \frac{\sum_{t=1}^n (v_s(t) - v_m(t))}{n} \quad (25)$$

Průměrná hustota výkonu větru

Hustota výkonu větru P označuje výkon, který by bylo možno získat stoprocentním využitím kinetické energie vzduchu o hustotě ρ , proudícího jednotkovou plochou kolmou na směr proudění:

$$P = \frac{1}{2} \rho v^3 \quad (26)$$

Vzhledem k závislosti hustoty výkonu na třetí mocnině rychlosti větru je průměrná hustota výkonu ovlivněna především četností výskytu vyšších rychlostí větru a jejich extremitou. Hodnotícím kritériem **h2** je proto veličina přímo úměrná rozdílu mezi průměrnými hustotami výkonu větru na simulované a reálně řadě:

$$h2 = \frac{\sum_{t=1}^n (v_s(t)^3 - v_m(t)^3)}{n} \quad (27)$$

Hodnocení rozdělení rychlostí větru

Vedle hodnocení souhrnných charakteristik bylo cílem najít kritérium, které by postihovalo věrnost simulace rozdělení rychlostí větru. Z prací porovnávacích metody MCP jde především o studii [Rogers et al. \(2005\)](#), kde byla jedním z hodnotících kritérií *testovací statistika Chi-kvadrát testu* dobré shody rozdělení pravděpodobností ([Wilks, 2006](#)). Testovací statistika zde byla použita pouze jako míra shody dvou rozdělení pravděpodobnosti.

Použití statistiky Chi-kvadrát má však dvě nevýhody. Za první její výpočet závisí na rozdělení dat do kategorií, což je umělý prvek, který může zkreslovat skutečné pravděpodobnostní rozdělení. Za druhé je toto kritérium založeno na porovnání četností jednotlivých kategorií, nezohledňuje však, zda jde o "lokální" rozdíly, kdy se chyby v rámci sousedních kategorií vzájemně kompenzují, nebo o rozdíly vyplývající z celkové deformace četnostního rozdělení rychlostí.

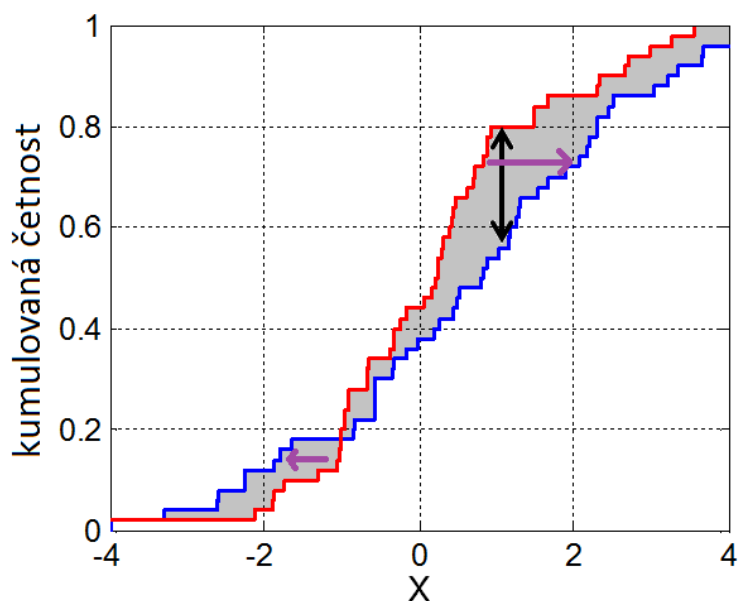
Tato omezení nemá *testovací statistika dvouvýběrového Kolmogorovova-Smirnova testu*, někdy nazývaného též jako *Smirnovův test* (Wilks, 2006). V tomto případě je zjišťován největší absolutní rozdíl D_n mezi hodnotami empirických distribučních funkcí F_1 a F_2 :

$$D_n = \max_x |F_1(x) - F_2(x)| \quad (28)$$

Velikost statistiky Smirnova testu lze interpretovat jako rozdíl mezi relativními četnostmi hodnot vyšších (nebo nižších) než je rychlost větru, při které je nalezeno maximum D_n . Z toho však vyplývá, že ani toto kritériem nepostihuje rozdíly mezi rozděleními v celém jejich rozsahu. V tomto ohledu může být vhodnější charakteristikou *Kolmogorovův-Smirnovův integrál (KSI)* (Zhang et al., 2013, Boyo & Adeyemi, 2012), který integruje absolutní hodnoty kvantilových rozdílů mezi kumulativními funkcemi napříč celým spektrem rychlostí větru

$$KSI = \int_{x_{min}}^{x_{max}} D_n dx \quad (29)$$

Hodnota KSI tedy odpovídá velikosti plochy uzavřené mezi porovnávanými empirickými distribučními funkcemi. Pro interpretaci lze tuto statistiku alternativně popsat také průměrnou velikost absolutních hodnot "kvantilových korekcí" rychlostí větru, které by bylo nutno provést pro odstranění rozdílů mezi rozděleními (obr. 3.4). KSI má rozměr veličiny, jejíž rozdělení je hodnoceno, v tomto případě tedy rychlosti větru.



Obr. 3.4 Porovnání dvou empirických distribučních funkcí. Černá šipka ukazuje velikost testovací statistiky dvouvýběrového Kolmogorovova-Smirnova testu. Šedě vyznačená plocha odpovídá velikosti KSI. Fialovými šipkami jsou naznačeny "kvantilové korekce", pokud by mělo být červeně naznačené rozdělení převedeno na rozdělení naznačené modře. Obrázek převzat z http://en.wikipedia.org/wiki/Kolmogorov-Smirnov_test a doplněn.

Velikost KSI reflektuje celkové rozdíly mezi rozděleními, nikoli jen určitý jejich výsek, jako statistiky Smirnova nebo Chí-kvadrát testu. Jeho velikost však závisí nejen na rozdílu tvarů rozdělení, ale i na rozdílech střední hodnoty. Nabízí se tedy myšlenka obě rozdělení nejprve normovat na stejnou průměrnou rychlost větru a teprve poté provést výpočet KSI, aby výsledné kritérium reflektovalo výhradně rozdíly ve tvaru rozdělení a nikoli systematické rozdíly.

Normování může být provedeno buď opravou o rozdíl průměrných rychlostí (jde o odstranění vlivu systematického posunu), nebo opravou o jejich podíl či přímo normalizací na jednotkovou průměrnou hodnotu (jde o odstranění vlivu rozdílných "měřítek"). Oba přístupy mají svoji logiku, v rámci své práce jsem konkrétně zvolil první zmíněnou variantu. Ta bude dále nazývána jako *nevychýlený KSI* a bude označována jako hodnotící kritérium **h3**. Předpokládám, že se nejedná o originální myšlenku, v literatuře jsem ale příklad tohoto postupu nenašel.

Hodnocení větrné růžice

V případě větrných růžic je podstata problému podobná jako v předchozí podkapitole, neboť jde opět o porovnání rozdělení pravděpodobností, v tomto případě však směrů větru. Na rozdíl od parametrů rychlosti větru je ale přesnost simulace směrů větru hodnocena méně často.

Obvyklým přístupem je opět použití kritéria založeného na porovnání četnosti jednotlivých kategorií, které v tomto případě tvoří směrové sektory. Tímto způsobem, analogicky rozdělení rychlostí větru, postupovali například [Rogers et al. \(2005\)](#), když jako hodnotící kritérium použili opět testovací statistiku Chí-kvadrát testu.

Jako logičtější volba se mi ovšem jeví klasické kritérium ([Conrad & Pollak, 1950, cit. dle Ratto & Nico, 2012](#)), sčítající absolutní hodnoty rozdílů mezi relativními četnostmi jednotlivých směrů větru $p_x(k)$ a $p_m(k)$ pro simulovaná a měřená data. Toto jednoduché a přímočaré kritérium bude dále nazýváno jako kritérium *rozdílů sektorových četností* (**h4**)

$$h4 = \sum_{k=1}^{N_k} |p_s(k) - p_m(k)| \quad (30)$$

Podobným přístupem je kritérium použité [Svobodou et al. \(2013\)](#), kteří uvažovali namísto součtu střední kvadratickou hodnotu těchto rozdílů.

Přístup porovnávací četnosti odděleně po jednotlivých kategoriích (sektorech) má opět nevýhodu, že výsledek závisí na způsobu vymezení kategorií a nedokáže rozlišit mezi lokálními a celkovými deformacemi větrné růžice. Pokusil jsem se proto najít kritérium hodnotící rozdíly mezi větrnými růžicemi v celé jejich komplexnosti. Nalezení takového kritéria silně komplikuje skutečnost, že je nutno uvažovat kruhový charakter veličiny směr větru. Úvahou jsem došel k závěru, že vhodným kritériem je opět použití Kolmogorov-Smirnova integrálu, v tomto případě však s modifikací, kdy je nutno použít jeho minimální velikost vůči různým počátkům integrace na kruhové směrové škále. Toto kritérium budu nazývat jako *KSI pro směr větru* (**h5**) a jeho velikost je ve stupních průměrného úhlového posunu.

Hodnocení termínových rychlostí větru

Přestože se z hlediska cílů testované úlohy jedná o relativně méně důležitou okolnost, byla hodnocena i přesnost doplnění jednotlivých termínových rychlostí větru. Jako testovací kritérium **h6** byla použita střední kvadratická chyba simulace termínových rychlostí větru:

$$h6 = \sqrt{\frac{\sum_{t=1}^N (v_s(t) - v_m(t))^2}{N}} \quad (31)$$

3.5.7 Výpočet souhrnných ukazatelů

Vzhledem k tomu, že pro každou testovanou metodu a kombinaci referenční a doplňované řady bylo počítáno M běhů lišících se výběrem trénovacího období ($M=50$), bylo nutno celkový výsledek pro všechny běhy reprezentovat pomocí souhrnných ukazatelů. Za tímto účelem byly použity následující ukazatele (jejich zkrácené verze vzhledem k výstižnosti vycházejí z angličtiny):

střední kvadratická chyba, $RMSE$

$$RMSE = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^M h(i)^2}{M}} \quad (32)$$

střední kvadratická hodnota, RMS

$$RMS = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^M h(i)^2}{M}} \quad (33)$$

systematická chyba, $bias$

$$bias = \frac{\sum_{i=1}^M h(i)}{M} \quad (34)$$

nejvyšší absolutní hodnota chyby, $absmax$

$$absmax = \max(|max|, |min|) \quad (35)$$

$$max = \max_i(h_i); i = 1, 2, \dots, M$$

$$min = \min_i(h_i); i = 1, 2, \dots, M$$

3.6 Porovnání metod MCP a různých druhů referenčních dat – výsledky

3.6.1 Porovnání výsledků pro různé referenční a cílové řady

První skupina výsledků se zaměřuje na zjištění, jak velké nepřesnosti lze očekávat pro jednotlivé cílové stanice a pro různé druhy referenčních řad. Výsledky pro všechny testované kombinace jsou ukázány v Příloze 1, souhrnné výsledky dávají tab. 3.3 a tab. 3.4. Výsledky, jejichž měřítkem je rychlost větru či hustota výkonu větru, jsou uváděny v procentech průměrné rychlosti větru či průměrné hustoty výkonu, neboť relativní údaj je ve většině ohledů lepším měřítkem než skutečná velikost těchto kritérií.

cílová řada	h1 (% rychlosti větru)			h2 (% hustoty výkonu)			h3 (% rv)	h4 [%]	h5 [°]	h6 (% rv)
	RMSE	absmax	bias	RMSE	absmax	bias	RMS	RMS	RMS	RMS
Doksany	7,03%	16,03%	-0,38%	16,8%	42,2%	1,58%	4,27%	10,0%	3,82	94,9%
Kopisty	5,58%	12,70%	-1,40%	11,1%	25,7%	-2,60%	4,26%	10,2%	3,80	95,4%
B-Tuřany	6,46%	15,81%	1,60%	12,6%	33,7%	3,66%	2,25%	10,8%	5,01	79,3%
O-Poruba	4,28%	10,41%	0,59%	12,7%	29,2%	2,50%	4,08%	14,8%	7,41	84,0%
P-Libuš	2,48%	6,18%	0,20%	7,2%	18,5%	0,82%	2,00%	11,4%	5,10	62,7%
Kuchařovice	2,85%	6,96%	0,24%	8,1%	20,6%	1,52%	2,07%	12,9%	5,11	65,8%
P-Ruzyně	2,66%	6,16%	0,15%	7,3%	17,0%	0,19%	2,00%	11,5%	5,04	59,6%
Č.Budějovice	3,90%	9,58%	-0,36%	10,7%	24,6%	-1,19%	2,92%	13,1%	5,57	83,6%
Cheb	5,42%	12,41%	0,49%	19,4%	42,6%	5,40%	2,53%	11,1%	4,30	72,1%
Luká	3,91%	9,56%	-0,23%	9,6%	24,3%	0,92%	2,35%	12,7%	5,95	65,8%
K.Myslová	4,56%	10,64%	-0,68%	10,0%	26,6%	0,04%	2,26%	13,6%	4,74	63,9%
Milešovka	2,48%	5,85%	-0,43%	7,5%	18,7%	-0,03%	1,77%	13,3%	6,22	51,0%
průměr	4,33%	10,27%	-0,02%	11,2%	27,2%	1,06%	2,74%	12,2%	5,23	73,3%
<i>Nul. metoda</i>	6,76%	14,51%	-0,16%	20,0%	43,5%	-0,29%	4,43%	15,3%	8,45	95,6%

Tab. 3.3 Souhrnné hodnoty výsledků testování Metody 1 ve standardní variantě pro jednotlivé cílové řady. Hodnoty jsou vždy aritmetickým průměrem z výsledků pro různé referenční řady. Zkratka "rv" u kritérií h3 a h6 znamená "rychlosti větru". Podrobné výsledky podává Příloha 1.

referenční řada	h1 (% rychlosti větru)			h2 (% hustoty výkonu)			h3 (% rv)	h4 [%]	h5 [°]	h6 (% rv)
	RMSE	absmax	bias	RMSE	absmax	bias	RMS	RMS	RMS	RMS
Doksany	5,75%	14,32%	0,08%	12,6%	31,3%	2,14%	2,72%	18,9%	9,41	72,2%
Kopisty	8,32%	22,51%	1,56%	18,5%	60,7%	4,72%	3,10%	21,3%	10,32	75,4%
B-Tuřany	4,85%	10,53%	-1,16%	13,4%	29,9%	-0,90%	3,23%	13,6%	7,42	77,4%
O-Poruba	7,25%	16,36%	-0,49%	18,2%	41,0%	0,51%	3,53%	18,2%	8,94	84,9%
P-Libuš	4,04%	9,76%	-0,55%	10,1%	24,2%	-0,56%	2,67%	12,3%	4,91	72,0%
Kuchařovice	4,31%	9,91%	-0,35%	11,7%	26,8%	-0,40%	2,98%	10,9%	4,83	74,5%
P-Ruzyně	3,91%	9,40%	-0,19%	9,8%	23,1%	0,83%	2,62%	11,0%	4,53	72,2%
Č.Budějovice	4,19%	10,63%	-0,06%	11,1%	28,7%	1,10%	2,80%	16,3%	8,38	75,8%
Cheb	5,55%	12,42%	-0,66%	13,1%	30,0%	-0,30%	3,06%	15,1%	7,50	76,7%
Luká	4,32%	10,36%	-0,17%	11,9%	27,9%	-0,29%	3,00%	11,5%	4,90	77,1%
K.Myslová	4,55%	11,05%	0,16%	11,4%	28,6%	1,03%	2,92%	11,4%	5,05	74,7%
Milešovka	4,46%	10,97%	-0,23%	12,5%	29,6%	4,08%	2,90%	10,1%	3,95	82,9%
nc_925g	3,68%	9,01%	0,23%	9,9%	24,6%	2,22%	2,64%	11,3%	4,38	73,4%
nc_925w	3,82%	8,90%	-0,12%	9,9%	24,7%	0,42%	2,61%	10,5%	3,91	75,4%
nc_850g	3,87%	8,83%	0,35%	10,5%	27,6%	3,05%	2,67%	11,8%	4,66	75,3%
nc_850w	3,88%	9,30%	0,56%	10,7%	27,3%	2,65%	2,63%	11,3%	4,38	75,4%
era_1000g	3,76%	8,91%	-0,10%	10,3%	23,8%	1,32%	2,68%	10,1%	4,02	69,9%
era_1000w	3,35%	7,66%	-0,14%	8,8%	21,7%	0,14%	2,46%	9,4%	3,44	63,0%
era_925g	3,60%	8,23%	0,14%	10,0%	23,1%	1,63%	2,63%	10,3%	3,97	69,0%
era_925w	3,56%	8,09%	0,13%	10,0%	23,0%	1,41%	2,56%	9,7%	3,51	70,8%
era_850g	3,67%	8,23%	0,40%	9,9%	23,2%	1,91%	2,60%	11,2%	4,26	72,6%
era_850w	3,73%	8,77%	0,44%	10,0%	22,5%	1,75%	2,59%	11,0%	4,17	73,5%
me_2m	3,52%	8,27%	-0,20%	8,6%	19,4%	-0,40%	2,38%	9,9%	3,80	66,3%
me_10m	3,44%	8,04%	-0,19%	8,6%	19,4%	-0,44%	2,35%	9,3%	3,48	65,7%
me_50m	3,39%	7,90%	-0,16%	8,5%	19,7%	-0,40%	2,33%	9,3%	3,46	65,4%
me1_850g	3,89%	8,78%	0,16%	10,0%	24,1%	0,45%	2,57%	11,3%	4,43	74,1%
me1_850w	3,76%	8,58%	0,45%	9,6%	23,3%	1,97%	2,50%	10,9%	4,21	73,4%
průměr	4,33%	10,27%	-0,02%	11,2%	27,2%	1,06%	2,74%	12,2%	5,23	73,3%
<i>Nul. metoda</i>	6,76%	14,51%	-0,16%	20,0%	43,5%	-0,29%	4,43%	15,3%	8,45	95,6%

Tab. 3.4 Souhrnné hodnoty výsledků testování Metody 1 ve standardní variantě pro jednotlivé referenční řady. Hodnoty jsou vždy aritmetickým průměrem z výsledků pro různé cílové řady. Zkratka "rv" u kritérií h3 a h6 znamená "rychlosti větru". Podrobné výsledky podává Příloha 1.

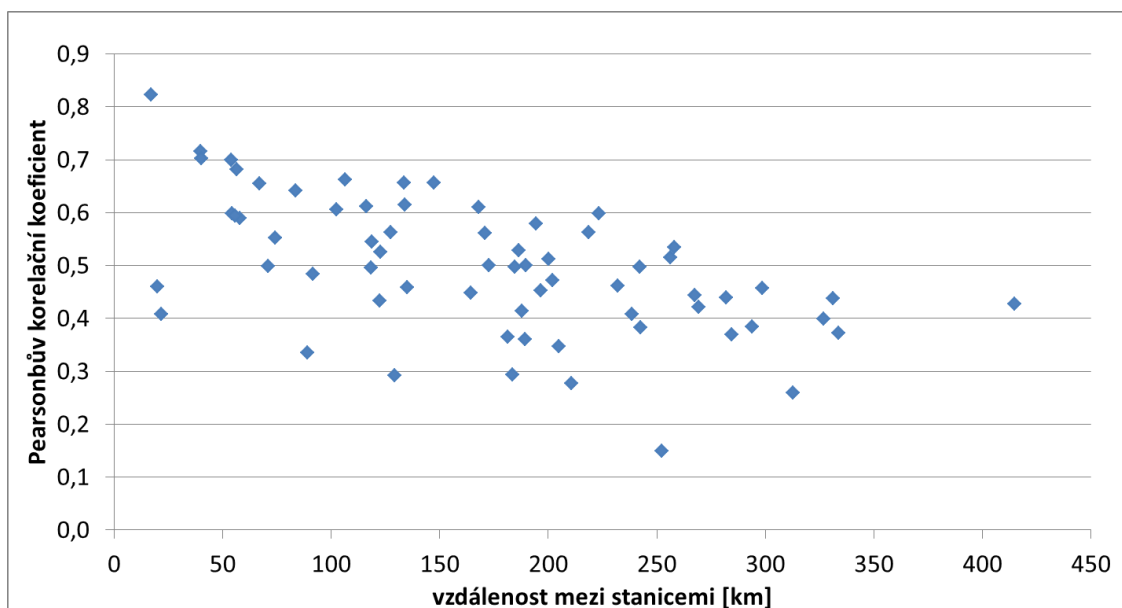
Při interpretaci souhrnných výsledků je důležité, jaký výběr referenčních (tab. 3.3), respektive cílových (tab. 3.4) řad je pro výpočet průměrných hodnot použit. Mezi referenčními řadami mají největší váhu řady vycházející z reanalýz, které ovlivňují výsledek v tab. 3.3 více než pozemní referenční měření. V rámci pozemních měření převládají stanice v nižších a středních polohách, jedinou výše položenou stanicí je Milešovka. Navíc jsou do průměru započítány i kombinace velmi vzdálených referenčních a cílových stanic, které v praxi nejsou pro aplikaci metod MCP vhodné. Z těchto důvodů je potřeba brát hodnoty v souhrnných tabulkách pouze orientačně a vycházet spíše z kompletních dat v Příloze 1. Toto v menší míře platí i pro souhrnné výsledky prezentované v dalších podkapitolách.

referenční řada	cílová řada												průměr
	Doksany	Kopisty	B-Tuřany	O-Porub.	P-Libuš	Kuchař.	P-Ruzyně	Č.Buděj.	Cheb	Luká	K.Mysl.	Mileš.	
Doksany		0,72	0,46	0,38	0,70	0,60	0,70	0,61	0,62	0,56	0,56	0,46	0,58
Kopisty	0,72		0,42	0,37	0,64	0,51	0,65	0,53	0,61	0,53	0,47	0,41	0,53
B-Tuřany	0,46	0,42		0,29	0,41	0,60	0,35	0,45	0,40	0,59	0,48	0,15	0,42
O-Poruba	0,38	0,37	0,29		0,44	0,29	0,44	0,37	0,43	0,34	0,28	0,26	0,35
P-Libuš	0,70	0,64	0,41	0,44		0,50	0,82	0,61	0,66	0,50	0,50	0,50	0,57
Kuchařovice	0,60	0,51	0,60	0,29	0,50		0,50	0,54	0,46	0,66	0,68	0,38	0,52
P-Ruzyně	0,70	0,65	0,35	0,44	0,82	0,50		0,56	0,66	0,51	0,46	0,59	0,57
Č.Budějovice	0,61	0,53	0,45	0,37	0,61	0,54	0,56		0,58	0,45	0,55	0,37	0,51
Cheb	0,62	0,61	0,40	0,43	0,66	0,46	0,66	0,58		0,44	0,50	0,43	0,52
Luká	0,56	0,53	0,59	0,34	0,50	0,66	0,51	0,45	0,44		0,52	0,41	0,50
K.Myslová	0,56	0,47	0,48	0,28	0,50	0,68	0,46	0,55	0,50	0,52		0,36	0,49
Milešovka	0,46	0,41	0,15	0,26	0,50	0,38	0,59	0,37	0,43	0,41	0,36		0,39
nc_925g	0,55	0,50	0,37	0,49	0,61	0,49	0,68	0,49	0,57	0,61	0,48	0,70	0,55
nc_925w	0,56	0,52	0,36	0,40	0,60	0,51	0,69	0,46	0,58	0,61	0,50	0,72	0,54
nc_850g	0,54	0,50	0,32	0,47	0,59	0,46	0,67	0,46	0,56	0,58	0,44	0,68	0,52
nc_850w	0,56	0,54	0,33	0,45	0,60	0,49	0,69	0,47	0,58	0,60	0,47	0,70	0,54
era_1000g	0,55	0,49	0,50	0,59	0,64	0,68	0,71	0,55	0,62	0,53	0,59	0,71	0,60
era_1000w	0,69	0,64	0,58	0,60	0,75	0,76	0,81	0,61	0,71	0,71	0,66	0,68	0,68
era_925g	0,58	0,52	0,46	0,57	0,67	0,68	0,75	0,56	0,64	0,59	0,60	0,76	0,61
era_925w	0,57	0,51	0,44	0,48	0,66	0,67	0,74	0,51	0,62	0,64	0,60	0,78	0,60
era_850g	0,55	0,52	0,38	0,50	0,63	0,62	0,72	0,52	0,61	0,58	0,51	0,73	0,57
era_850w	0,56	0,52	0,39	0,45	0,64	0,62	0,72	0,49	0,62	0,62	0,55	0,74	0,58
me_2m	0,62	0,57	0,49	0,58	0,70	0,71	0,78	0,55	0,66	0,68	0,62	0,75	0,64
me_10m	0,62	0,57	0,49	0,57	0,71	0,71	0,78	0,56	0,66	0,68	0,62	0,76	0,65
me_50m	0,63	0,57	0,49	0,58	0,71	0,71	0,78	0,57	0,66	0,68	0,62	0,75	0,65
me1_850g	0,49	0,44	0,46	0,34	0,56	0,60	0,60	0,49	0,58	0,52	0,58	0,68	0,53
me1_850w	0,56	0,52	0,39	0,45	0,63	0,62	0,72	0,49	0,60	0,64	0,54	0,75	0,58
průměr	0,58	0,53	0,43	0,44	0,61	0,58	0,66	0,52	0,58	0,57	0,53	0,58	0,55

Tab. 3.5 Hodnoty Pearsonova korelačního koeficientu mezi termínovými hodnotami jednotlivých referenčních a cílových řad.

Pro jednotlivé kombinace referenčních a cílových stanic byly orientačně spočteny též velikosti Pearsonova korelačního koeficientu (tab. 3.5). Mezi pozemními stanicemi je míra korelace podle očekávání nejvyšší pro geograficky nejbližší stanice a s rostoucí vzdáleností obecně stoupá (obr. 3.5). Dále lze sledovat relativně vysokou míru korelace mezi pozemními stanicemi a výsledky reanalýz ERA Interim a MERRA na nejnižších hladinách. To platí zejména u stanic v otevřených či vyvýšených polohách (Praha-Libuš, Kuchařovice, Praha-Ruzyně a Luká). U těchto stanic a dále u stanic izolovaných od jiných pozemních měření je korelace s blízkými reanalýzami často vyšší než korelace s nejbližšími pozemními stanicemi. Milešovka je nejlépe korelována s výstupy reanalýzy ERA Interim na hladině 925 hPa, což odpovídá nadmořské výšce této stanice a s jejímu umístění v extrémně exponované pozici.

(pozn. stanice Kostelní Myslová je sice také na lokálně vyvýšené pozici a ve spíše větší nadmořské výšce, v širším pohledu se však nachází v údolí Moravské Dyje a tuto polohu z hlediska větrných podmínek za nijak zvláště otevřenou považovat nelze)



Obr. 3.5 Vztah míry korelace termínových hodnot rychlosti větru na referenční a cílové řadě ke vzdálenosti mezi (pozemní) referenční a cílovou stanicí.

Celkově se velikost Pearsonova korelačního koeficientu pro většinu cílových řad pohybuje u nejhodnějších referenčních řad okolo 0,7. Podle členění zmíněného v kapitole 3.2.1 dle (EMD International A/S, 2008) jde tedy o korelace "špatné" až "středně dobré". Pouze vůbec nejvyšší korelace mezi stanicemi Praha-Libuš a Praha-Ruzyně na úrovni 0,82 by byla klasifikována jako "dobrá". Nejvíce testovaných kombinací se však pohybuje okolo 0,6, a odpovídají kategoriím "velmi špatná" a "špatná".

Prvním hodnotícím kritériem je chyba simulace průměrné rychlosti větru ($h1$), reprezentovaná hodnotami střední kvadratické chyby ($RMSE$, Příloha 1-1) a největší chyby ($absmax$, Příloha 1-2) v rámci 50 testovaných běhů. Oba výsledky jsou v zásadě podobné.

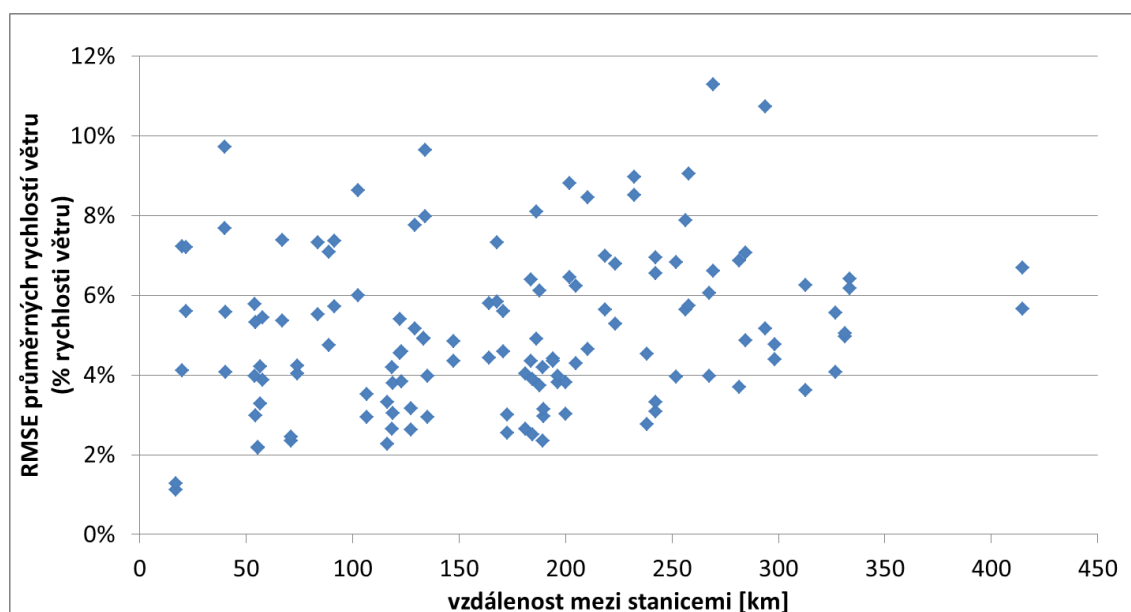
V celkovém pohledu jsou nejlepší výsledky dosahovány, pokud se referenční a současně i cílová řada vztahují k orograficky vyvýšené poloze (Milešovka, Luká, Praha-Ruzyně, Praha-Libuš, Kuchařovice), v případě referenční řady též k volné atmosféře (reanalýzy). Velikosti chyb ($RMSE$) se v těchto případech pohybují převážně okolo 1,5 až 2 % průměrné rychlosti větru, největší chyby ($absmax$) převážně do 5 %, pro nejlepší referenční řady však pouze kolem 3 %. Výjimku tvoří Luká, kde jsou chyby okolo 3 % ($RMSE$). Zajímavé je srovnání s Nulovou metodou, které ukazuje, k jakému zlepšení dochází použitím Metody 1 proti tomu, pokud by byla uvažována průměrná rychlost větru za trénovací období. Chyby se při použití Metody 1 vesměs snižují na přibližně čtvrtinu až třetinu, jde tedy o zcela zásadní zlepšení.

Podstatně větší chyby vznikají, pokud referenční a/nebo cílová řada pocházejí z lokalit v nižších polohách (Doksany, Kopisty, Brno-Tuřany, Ostrava-Poruba) nebo v uzavřené kotlině (Cheb). V těchto případech se $RMSE$ pohybuje typicky okolo 5 až 10 %. Zlepšení vůči Nulové metodě může být minimální, někdy je výsledek dokonce horší než při použití Nulové metody.

V rámci pozemních stanic tedy platí, že stanice v nižších polohách či v kotlině vykazují v roli referenční řady špatné výsledky bez ohledu na volbu cílové řady a v roli cílové řady vykazují špatné výsledky bez ohledu na volbu referenční řady. Zdaleka nejhoršími referenčními řadami jsou stanice Kopisty a Ostrava-Poruba, které jsou v této roli obvykle horší než Nulová metoda a jejich použití tedy nemá smysl. To platí například i pro použití Kopist jako referenční řady pro Milešovku, vůči které jsou nejbližší a současně nejhorší referenční řadou. Příčinou může být, že Kopisty i Ostrava-Poruba se nacházejí v orografických brázdách (Podkrušnohorská pánev, Moravská brána), kde je proudění silně deformováno vlivem okolního terénu (viz úvahu v kapitole 3.7.1).

Úspěšnost stanic, které se nenacházejí v nížinách či kotlinách, je v pozici referenční řady navzájem přibližně podobná. Vymyká se pouze v průměru nejlepší výsledek stanic Praha-Libuš a Praha-Ruzyně, který je dán vzájemnou blízkostí těchto dvou stanic, což logicky přináší při vzájemném doplnění výborné výsledky. Překvapivě dobrých výsledků dosahují i České Budějovice, které se nacházejí v kotlině, byť poměrně otevřeně.

Lze očekávat, že přesnost aplikace MCP bude u bližších referenčních stanic vyšší než u stanic vzdálených. Toto pravidlo dosažené výsledky sice přibližně potvrzují, ale závislost je překvapivě slabá a uplatňuje se spíše u cílových stanic v orograficky otevřených nebo vyvýšených lokalitách. V celkovém pohledu na vztah relativní *RMSE* průměrných rychlostí větru ke vzdálenosti mezi referenční a cílovou stanicí pro všechny kombinace pozemních stanic (obr. 3.6) souvislost mezi vzdáleností stanic a velikostí chyby prakticky zaniká. Celkový obrázek odráží především systematické rozdíly mezi jednotlivými řadami dané vlastnostmi jednotlivých referenčních a cílových řad (viz též obr. 3.11, kde jsou odlišeny výsledky pro "nevhodné" a "ostatní" referenční stanice). Navíc platí, že pro stanice v kotlinách či brázdách je nejúspěšnější referenční stanice umístěna často nelogicky (Cheb – Brno-Tuřany, Kopisty – České Budějovice, Ostrava-Poruba – Milešovka). V těchto případech jde zřejmě buď o projev určité "spřízněnosti" příslušných párů stanic nebo o náhodu, neboť i v těchto "nejlepších" případech bývá chyba MCP nemalá.



Obr. 3.6 Vztah relativní chyby simulace průměrné rychlosti větru ke vzdálenosti mezi referenční a cílovou stanicí.

Srovnání výsledků využívajících referenční data z reanalýz vykazuje celkově menší rozdíly a převážně lepší výsledky než při použití pozemních referenčních řad. Výjimkami jsou podle očekávání případy, kdy se pozemní referenční a cílová stanice nacházejí navzájem v malé vzdálenosti a v podobné orografické dispozici (například Praha-Libuš vs. Praha-Ruzyně). Také v případě cílových stanic v nízkých polohách a kotlinách (Doksany, Kopisty, Brno-Tuřany, Cheb) jsou výsledky podle reanalýz a pozemních stanic obvykle srovnatelné (a nepříliš dobré).

Mezi různými druhy výstupů z reanalýz dávají celkově nejlepší výsledky přízemní vítr z reanalýz MERRA (me_10m, me_50m) a modelový vítr reanalýzy ERA Interim pro nejnižší hladinu 1000 hPa (era_1000w). Výstupy z vyšších hladin a použití prostorově velmi hrubé reanalýzy NCEP/NCAR dávají výsledky zřetelně horší, ale stále ve většině případů srovnatelné s použitím referenčních dat z nejbližších pozemních stanic. Porovnání geostrofického a modelového větru dává nejednoznačné výsledky, obě tyto varianty lze považovat za srovnatelné.

Relativní úspěšnost různých druhů reanalýz se pro různé cílové stanice liší. U stanic nacházejících se v otevřeném rovinném terénu (Doksany, Brno-Tuřany, Praha-Libuš, Kuchařovice, Praha-Ruzyně) dávají nejlepší výsledky převážně nejnižší výstupy z reanalýz MERRA a ERA Interim. Podobně tomu je v Ostravě-Porubě a Luké, kde je vítr deformován orografickými prvky většího rozměru, které tyto detailnější reanalýzy již dokáží částečně zachytit. V ostatních případech je situace méně přehledná a například v Kopistech patří výsledky z "přízemních" výstupů mezi nejhorší. Zde zřejmě vítr v nejnižší úrovni reanalýzy zahrnuje určitou orograficky podmíněnou deformaci proudění, ale odlišnou, než která se v této lokalitě skutečně vyskytuje, což vede spíše ke ztrátě informace než k vylepšení výsledku.

Velikost systematických chyb simulace rychlosti větru (*bias*, [Příloha 1-3](#)) je převážně malá a rozdílná pro různé varianty referenčních a cílových řad. Částečnými výjimkami jsou Brno-Tuřany a Kopisty (v obou rolích), kde jsou systematické chyby poněkud větší, avšak protichůdné. Výsledek naznačuje, že použitá metoda obecně nevede k systematickému vychýlení simulovaných průměrných rychlostí větru (více viz následující kapitoly).

Chyby simulace průměrné hustoty výkonu větru (*h2: RMSE*, [Příloha 1-4](#) a *absmax*, [Příloha 1-5](#)) jsou v relativním vyjádření podstatně větší než chyby simulace průměrné rychlosti větru. Jejich rozložení napříč referenčními a cílovými řadami je však v zásadě podobné. Pro cílové stanice ve vyvýšených lokalitách dává použití referenční řady z reanalýz opět mnohem přesnější výsledek než použití pozemních referenčních měření. Pro cílové stanice v kotlinách a v nížinách opět není obrázek jednoznačný.

Odlišnosti proti simulaci průměrné rychlosti větru jsou spíše v jednotlivostech. Například v průměru největší chyby v pozici cílové řady lze na rozdíl od průměrných rychlostí větru pozorovat na stanici Cheb. Nejméně chybné výsledky zde přitom dávají nejhrubší reanalýzy NCEP/NCAR, což je neobvyklé. Největší chyby (*absmax*) se vyskytují podobně jako u průměrné rychlosti větru při simulaci řad Doksany a Kopisty. U Českých Budějovic na rozdíl od průměrných rychlostí větru dávají lepší výsledky pozemní referenční stanice než reanalýzy. Celkově nejlepší výsledky dávají v pozici referenčních řad (zejména v případě *absmax*) přízemní výstupy reanalýz MERRA konkrétně přízemní vítr v 50 m, zatímco u průměrné rychlosti větru to byla spíše ERA Interim (modelový vítr na hladině 1000 hPa).

Celková velikost chyb se pro nejlépe simulované řady pohybuje okolo 5 % hustoty výkonu (*RMSE*). V případě stanic v nížinách a kotlinách se *RMSE* pohybuje cca mezi 10 a 20 %, zatímco *absmax* dosahuje až mnoha desítek procent. Zlepšení vůči Nulové metodě je v procentuálním vyjádření podobné jako u průměrné rychlosti větru.

Také velikost systematických chyb simulace hustoty výkonu (Příloha 1-6) je vyšší než v případě rychlosti větru. Lze pozorovat slabou tendenci k nadhodnocování simulované hustoty výkonu, použitá metoda tedy v některých případech zřejmě nadhodnocuje rozptyl simulovaných rychlostí větru (opět více viz následující kapitoly). To se týká spíše referenčních řad s vysokými rychlostmi větru, kterými jsou výstupy reanalýz z hladiny 850 hPa a měření větru na Milešovce.

Také v případě simulace tvaru četnostního rozdělení rychlostí větru (**h3: RMS, Příloha 1-7**) lze sledovat, že výše položené či orograficky vyvýšené cílové stanice jsou lépe simulovány s pomocí reanalýz než podle pozemních stanic. V případě ostatních cílových stanic se obrázek pro jednotlivé stanice liší a je také částečně odlišný od výsledků pro předchozí kritéria. Rozdíly jsou celkově menší a i některé níže položené stanice dávají v tomto ohledu poměrně dobré výsledky, například Brno-Tuřany v pozici cílové stanice či Doksany v pozici referenční řady. Mezi reanalýzami je zřetelně nejuspěšnější přízemní vítr reanalýzy MERRA. Zlepšení proti Nulové metodě je opět výrazné, přestože menší než v předchozích případech.

Z hlediska simulace větrné růžice (**h4,h5: RMS, Přílohy 1-8 a 1-9**) neplatí pravidlo, že na níže položených cílových stanicích jsou výsledky horší než na stanicích orograficky vyvýšených. Spíše lze sledovat, že horší výsledky dávají cílové stanice s výraznými převládajícími směry větru (např. Ostrava Poruba), než stanice, kde jsou různé směry větru zastoupeny více rovnoměrně (např. Doksany). Příčinou je zřejmě skutečnost, že při velkých rozdílech v četnosti různých směrů dojde spíše k chybám než v případě vyrovnané větrné růžice.

Pokud jde o porovnání různých referenčních řad, opět celkově nejlepší výsledky dává přízemní vítr reanalýzy MERRA a vítr 1000 hPa reanalýzy ERA Interim. Použití reanalýz dává v tomto ohledu obecně lepší výsledky než pozemní stanice, a to tentokrát pro všechny cílové řady včetně níže položených. Výjimku tvoří pouze navzájem nejbližše položené pozemní stanice a dále referenční stanice Milešovka, která je z hlediska simulace směru větru relativně úspěšnější než při simulaci rozdělení rychlostí větru. I v případě větrné růžice dochází s výjimkou nejméně vhodných referenčních řad ke značnému zlepšení ve srovnání s Nulovou metodou.

Při simulaci termínových hodnot rychlosti větru (**h6: RMS, Příloha 1-10**) jsou chyby podstatně větší a pohybují se převážně na úrovni přes 50 % průměrné rychlosti větru. Výjimkou je Milešovka, kdy se při použití reanalýz pohybují chyby mezi 40 a 50 % rychlosti větru. Úspěšnost simulace zpravidla klesá s rostoucí relativní variabilitou rychlostí větru (relativní vůči průměrné rychlosti). Výsledek tak mimo jiné odráží, že nejvíce relativně variabilní je rychlost větru v Doksanech a nejméně na Milešovce.

Z hlediska porovnání referenčních řad jsou výsledky přibližně podobné jako u simulace průměrné rychlosti větru. Zřetelně nejlepší referenční řadou je v tomto případě modelový vítr

1000 hPa ERA Interim. Výjimku tvoří pouze stanice Milešovka, kde lépe vyhovuje této stanici bližší vítr na hladině 925 hPa.

3.6.2 Porovnání základních metod MCP

Druhá skupina výsledků porovnává základní metody MCP uvedené v [kap. 3.5.5](#). Podrobné výsledky lze nalézt v [Příloze 2](#), souhrnné výsledky ukazují [tab. 3.7](#) a [tab. 3.8](#). Každá z metod je uvedena ve třech variantách podle toho, jaké bylo použito členění podle směru větru na referenční řadě. Výsledky mohou být mírně odlišné od [Přílohy 1](#) a od [Příloh 3 až 5](#), protože pokaždé byla použita jiná sestava běhů (tj. jiných 50 kombinací trénovacích a doplňovaných měsíců).

Zde a v následujících částech bylo pro porovnání použito pouze 13 kombinací referenčních a cílových řad. Použitý výběr měl za cíl postihnout rozmanité spektrum situací.

Jako cílové řady proto byly použity:

i) Kopisty, nacházející se ve výrazné kotlině mezi Krušnými horami a Českým Středoohořím,

ii) Ostrava-Poruba, nacházející se v nížinné poloze a současně na okraji Moravské brány, což vede k výrazné převaze jednoho směru větru (jihozápadního),

iii) Praha-Ruzyně, nacházející se na otevřené plošině,

iv) Milešovka, nacházející se v exponované pozici na vrcholku hory.

Jako referenční řady byly použity:

i) Vítr ve výšce 10 m podle reanalýzy MERRA (me_10m), který patří mezi nejlepší referenční řady z reanalýz a je k dispozici s časovým rozlišením 1h a relativně dobrým prostorovým rozlišením ($0,33 \times 0,5^\circ$),

ii) geostrofický vítr reanalýzy NCEP/NCAR na hladině 925 hPa (nc_925g), což je výstup s nízkým časovým a prostorovým rozlišením. Tento výstup byl použit při prodlužování a doplňování měření větru použitých pro výpočet větrné mapy ČR ([kapitola 4.3](#)),

iii) vítr naměřený na jedné či dvou nejvhodnějších pozemních stanicích.

Základní informace o použitých řadách poskytuje [tab. 3.6](#). Je zřejmé, že kombinace s cílovými řadami Kopisty a Ostrava-Poruba jsou celkově mnohem problematičtější než při použití cílových stanic Praha-Ruzyně a Milešovka. To se odráží i ve všech dosažených výsledcích.

zkr. název	cílová řada		referenční řada		rozdíl n.v. [m]	vzdálenost [km]	korelace	Std. metoda h1 RMSE
	název	n.v. [m]	název	n.v. [m]				
KP/me	Kopisty	240	me_10m				0,57	5,50%
KP/nc	Kopisty	240	nc_925g				0,50	5,01%
KP/MI	Kopisty	240	Milešovka	833	593	22	0,41	5,61%
PO/me	Ostrava-Poruba	242	me_10m				0,57	3,54%
PO/nc	Ostrava-Poruba	242	nc_925g				0,49	4,62%
PO/LU	Ostrava-Poruba	242	Luká	511	269	89	0,34	4,74%
RU/me	Praha-Ruzyně	364	me_10m				0,78	1,37%
RU/nc	Praha-Ruzyně	364	nc_925g				0,68	1,77%
RU/LI	Praha-Ruzyně	364	Praha-Libuš	300	-64	17	0,82	1,27%
RU/MI	Praha-Ruzyně	364	Milešovka	833	469	56	0,59	2,18%
MI/me	Milešovka	833	me_10m				0,76	1,35%
MI/nc	Milešovka	833	nc_925g				0,70	1,38%
MI/RU	Milešovka	833	Praha-Ruzyně	364	-469	56	0,59	2,16%

Tab. 3.6 Přehled testovaných kombinací referenčních a cílových řad.

metoda	DD	h1 (% rychlosti větru)			h2 (% hustoty výkonu)			h3 (% rv)	h6 (% rv)
		RMSE	absmax	bias	RMSE	absmax	bias	RMS	RMS
poměr	1	4,19%	9,13%	0,23%	31,6%	48,6%	-17,21%	13,54%	57,4%
poměr	12	4,03%	8,74%	0,61%	26,1%	43,3%	-11,19%	10,88%	53,8%
poměr	36	4,08%	8,90%	0,79%	25,8%	43,8%	-9,79%	10,65%	53,8%
linReg	1	3,68%	8,10%	-0,35%	42,7%	58,9%	-41,97%	22,94%	53,8%
linReg	12	3,33%	7,32%	-0,16%	34,6%	49,0%	-33,90%	18,32%	49,9%
linReg	36	3,28%	7,31%	-0,26%	32,9%	47,5%	-32,08%	17,45%	49,9%
varRat	1	4,74%	10,37%	1,26%	12,3%	27,8%	0,15%	4,80%	60,4%
varRat	12	4,47%	9,73%	1,71%	12,0%	26,0%	3,46%	4,02%	56,8%
varRat	36	4,60%	9,87%	2,05%	14,2%	29,3%	6,94%	4,04%	57,1%
m1	1	3,58%	7,63%	-0,14%	9,8%	22,1%	-0,93%	3,24%	74,8%
m1	12	3,36%	7,12%	0,14%	8,8%	19,3%	-0,03%	2,91%	69,0%
m1	36	3,32%	7,20%	0,17%	9,1%	19,5%	0,85%	2,91%	68,5%
m2	1	3,58%	7,63%	-0,15%	9,9%	22,0%	-1,23%	3,27%	74,9%
m2	12	3,37%	7,15%	0,14%	8,8%	19,5%	-0,87%	2,94%	69,0%
m2	36	3,32%	7,24%	0,17%	8,8%	20,5%	-0,86%	2,92%	68,5%
průměr		3,80%	8,23%	0,41%	19,2%	33,1%	-9,24%	8,32%	61,2%
Nulová m.		6,30%	13,90%	-0,87%	20,9%	44,3%	-3,40%	5,08%	95,1%

Tab 3.7 Souhrnné hodnoty výsledků testování různých metod simulace rychlosti větru. Hodnoty jsou vždy aritmetickým průměrem z výsledků všech testovaných kombinací referenčních a cílových řad. Zkratka "rv" u kritérií h3 a h6 znamená "rychlosti větru". Podrobné výsledky podává Příloha 2.

Z hlediska simulace průměrné rychlosti větru (**h1 RMSE**, Příloha 2-1 a **absmax**, Příloha 2-2) dávají nejlepší výsledky Lineární regrese, Metoda 1 a Metoda 2. Výsledky Metody 1 a Metody 2 jsou téměř shodné. Výsledky Lineární regrese se od těchto metod mírně liší, převážně jsou však Metodě 1 a Metodě 2 podobné a nelze jednoznačně říci, která z nich je přesnější.

Zbylé dvě metody simulují průměrnou rychlost větru zřetelně hůře, přičemž zdaleka nejhorší je v tomto ohledu metoda Variance ratio. Tato metoda propadá v případech, kdy je použita referenční řada z reanalýz, a také v případě kombinace stanic Ostrava-Poruba / Luká. Ve zbývajících případech, tvořených dvojicemi geograficky blízkých pozemních referenčních stanic, je výsledek této metody srovnatelný s ostatními metodami.

Rozčlenění dat do kategorií podle směrů větru je zpravidla jasným přínosem. Výjimkou je simulace pro cílovou stanicí Kopisty, kde je převážně výhodnější použití všesměrových dat (tj. dat bez členění podle směru větru). Přínos členění na 36 sektorů není jednoznačný. V případě kombinací referenční a cílové řady s celkově nadprůměrnou přesností výsledků je použití 36 směrových kategorií namísto 12 spíše výhodou. V ostatních případech je přínos podrobnějšího směrového členění nejasný a zejména z hlediska největší chyby (*absmax*) je často vhodnější 12-směrná růžice.

Uvedené rozdíly mezi metodami jsou v celkovém pohledu menší než rozdíly mezi jednotlivými kombinacemi referenční a cílové řady. To platí i při porovnání výsledků vůči Nulové metodě (Přílohy 2-1 a 2-2, Grafy 2). V průměru dosahují všechny metody vůči Nulové metodě z hlediska *RMSE* i *absmax* výrazného zlepšení. Zatímco však v případě cílových stanic Praha-Ruzyně a Milešovka je toto zlepšení skutečně značné (na cca 20 - 40 % chyb Nulové metody) a týká se všech metod, pro Ostravu-Porubu dochází ke zlepšení pouze u tří nejlepších metod. Aplikace metod Variance ratio a Metody poměrů zde může vést i ke značnému zhoršení výsledku. Cílová stanice Kopisty dává kompromisní výsledky, kdy použité metody vedou převážně k mírnému zlepšení.

Zajímavé je také porovnání s Metodou poměrů bez členění do kategorií. Vůči tomuto triviálnímu postupu vede použití složitější metody ke zlepšení opět především u cílové řady z Milešovky nebo z Prahy-Ruzyně, a to zvláště, je-li jako referenční použita shlazená reanalýza NCEP/NCAR. Při použití Metody 1, Metody 2 a Lineární regrese při členění podle směrů větru se v těchto případech chyba snižuje cca na 40 – 80 % chyby při aplikaci prostých poměrů. Vůči všesměrové Metodě poměrů dochází ke zlepšení i pro cílovou stanicí Ostrava-Poruba, a to cca na 80 %. Naopak pro cílovou řadu z Kopist použití složitější metody, než je všesměrová Metoda poměrů, ke zlepšení nevedlo.

Velikost systematických chyb simulace rychlosti větru (*bias*, Příloha 2-3) jsou u Metody 1 a Metody 2 převážně malé a bez patrné tendence. Nepatrný sklon k záporným hodnotám lze pozorovat v případě Lineární regrese, naopak poněkud vyšší kladné chyby dosahovala Metoda poměrů. Ve všech těchto případech považuji dosažené rozdíly za nejednoznačné. Pro lepší určení případné existence systematické odchylky by bylo potřeba použít kompletní sestavu běhů (nejen náhodně vybraných 50 běhů). Systematické odchylky totiž mohou být ovlivněny konkrétním výběrem testovacích dat, jak naznačují i rozdíly mezi výsledky počítaných s různými sestavami testovacích běhů (Příloha 1-3 vs. Příloha 2-3 vs. Přílohy 3-3, 4-3 a 5-3).

Výraznější kladnou odchylku okolo 3 % průměrné rychlosti větru lze sledovat u metody Variance ratio u cílových stanic Kopisty a Ostrava-Poruba. Zde se již zřejmě jedná o reálnou vlastnost této metody a chyba patrně souvisí s velkými rozdíly mezi charakterem větrných podmínek na referenční a cílové řadě. Metoda má tendenci nadhodnocovat průměrnou rychlost větru zejména při podrobnějším členění podle směru větru. V tomto ohledu může být příčinou

nedostatečná rezistence této metody vůči nereprezentativním trénovacím hodnotám v málo frekventovaných kategoriích.

Z hlediska simulace průměrné hustoty výkonu větru (**h2**: *RMSE*, [Příloha 2-4](#), *absmax*, [Příloha 2-5](#) a *bias*, [Příloha 2-6](#)) nelze považovat výsledky Lineární regrese za relevantní, neboť tato metoda pro tento účel musí být doplněna simulací reziduí. Pokud tomu tak není, pak při její aplikaci dochází k redukci variability simulovaných rychlostí větru a tedy i k podstatnému podhodnocení průměrné hustoty výkonu.

Podobně problematické je též použití Metody poměrů. Zde simulovaná data odrážejí relativní variabilitu referenční řady. V případě nížinných stanic s relativně vysokou variabilitou se při použití relativně méně variabilní referenční řady z reanalýzy či výše položené stanice variabilita simulovaných hodnot snižuje a klesá tak i průměrná hustota výkonu. Naopak tomu je například při doplnění Milešovky podle relativně více variabilní řady v Praze-Ruzyni či řady geostrofického větru reanalýzy NCEP/NCAR. V těchto případech je simulovaná průměrná hustota výkonu větru naopak nadhodnocená. Ani tato metoda proto z principu neumožňuje dobrou simulaci variability rychlostí větru.

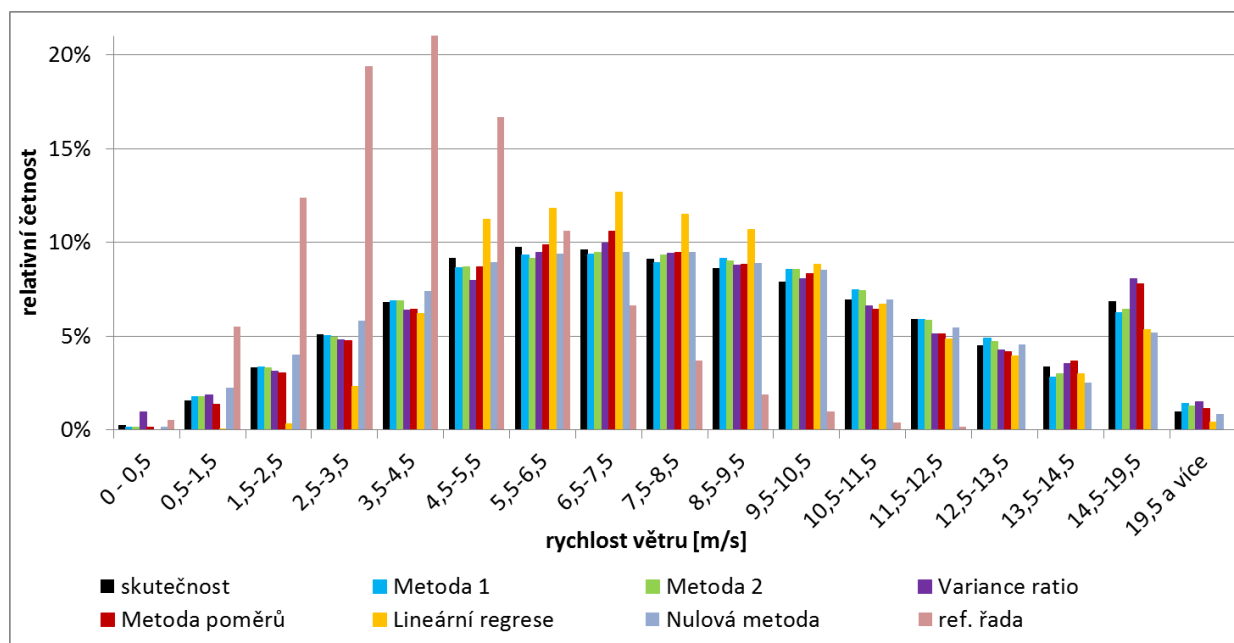
Tyto problémy by měla eliminovat metoda Variance ratio, která rozdíly ve variabilitě obou časových řad zohledňuje. Úspěšná je v případě použití navzájem blízkých řad (například Praha-Ruzyně / Praha-Libuš), u některých kombinací navzájem odlišnějších větroměrných řad však vykazuje nemalé chyby. Také je patrné, že při členění na větší počet směrů má tato metoda tendenci k nadhodnocení průměrné hustoty výkonu, podobně jako v případě průměrné rychlosti větru.

Jednoznačně nejlepší výsledky dávají Metoda 1 a Metoda 2. Při vzájemném srovnání vykazují jejich výsledky mírné rozdíly, v zásadě jsou však obě metody podobně úspěšné. Podobné jsou i úspěšnosti variant při členění do 12 či 36 směrových sektorů, ve srovnání s nerozčleněnou variantou však obě tyto varianty přinášejí zřetelné zlepšení. V průměru nulová je u Metody 1 a Metody 2 také velikost zjištěné systematické chyby. Zde však může být výsledek mírně zkreslen výběrem testovacích běhů, neboť Nulová varianta zde vykazuje zřetelně záporné hodnoty. V [Příloze 1-6](#) či v [Přílohách 3-6, 4-6 a 5-6](#) je systematická chyba Nulové varianty minimální a výsledky Metody 1 i Metody 2 pak naznačují slabý sklon ke kladným systematickým chybám.

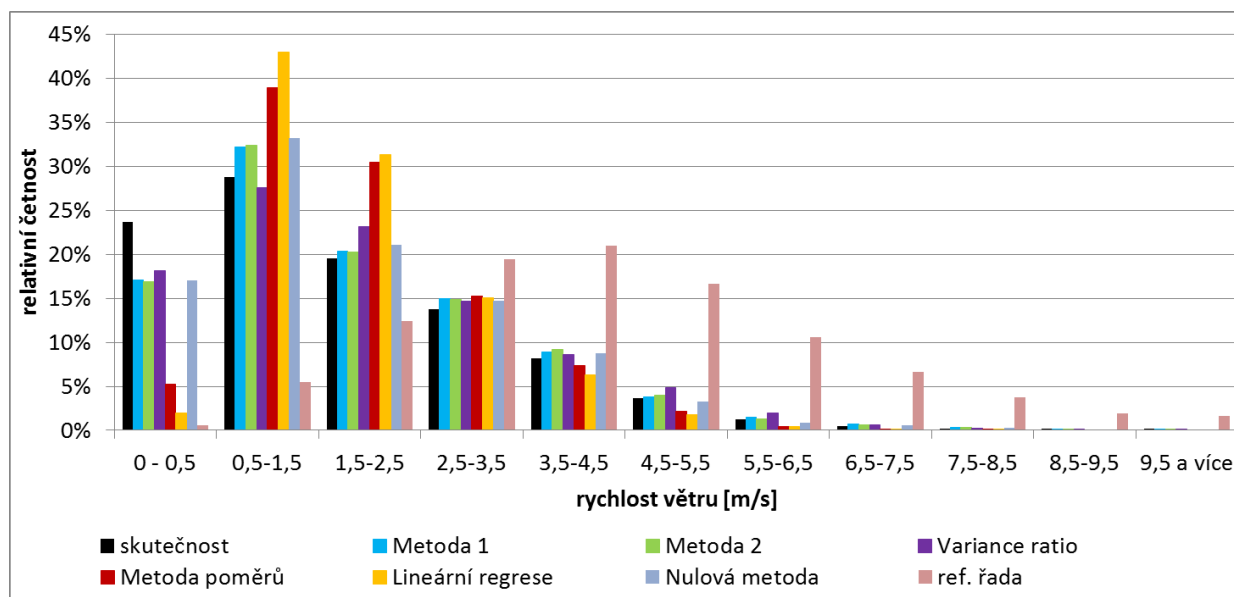
V porovnání s Nulovou metodou vedou Variance ratio, Metoda 1 i Metoda 2 k velkému zlepšení výsledku, které je ještě výraznější než u průměrné rychlosti větru. Nejproblematictější jsou opět kombinace s cílovou řadou Ostrava-Poruba kde dochází spíše ke zhoršení výsledku u Variance ratio a jen k mírnému zlepšení u Metody 1 a Metody 2. Porovnání se všesměrovou Metodou poměrů v tomto případě není relevantní, každopádně zlepšení je vůči ní převážně značné.

Při simulaci tvaru četnostního rozdělení rychlostí větru (**h3**: *RMS*, [Příloha 2-7](#)) opět nelze za relevantní považovat výsledky Metody poměrů a Lineární regrese bez simulace reziduí. U těchto dvou metod jsou chyby značné. Mezi ostatními metodami je výsledek podobný jako v případě simulace průměrné hustoty výkonu. Nejlepší a navzájem podobné jsou výsledky Metody 1 a Metody 2 se 12 nebo 36 směrovými sektory. Metoda Variance ratio je převážně

zřetelně horší. Příklad skutečných a simulovaných četnostních rozdělení rychlostí větru v jednom konkrétním běhu ilustrují obr. 3.7 a 3.8.



Obr. 3.7 Příklad skutečného a simulovaného rozdělení rychlostí na Milešovce. Referenční řadou je modelový vítr MERRA ve výšce 10 m.



Obr. 3.8 Příklad skutečného a simulovaného rozdělení rychlostí v Kopistech. Referenční řadou je modelový vítr MERRA ve výšce 10 m.

Zcela odlišný je obrázek z hlediska simulace termínových hodnot rychlosti větru (**h6**: RMS, Příloha 2-10). Zde je výhodou, pokud se simulované rychlosti větru co nejvíce blíží střední hodnotě, kterou lze očekávat v daném termínu. Proto dává převážně nejlepší výsledky Lineární regrese. Metoda poměrů v tomto ohledu mírně zaostává a ještě více zaostává Variance ratio.

Metody 1 a Metody 2 jsou navrženy tak, aby bylo reprodukováno četnostní rozdělení rychlostí větru na cílové řadě. Díky tomu jsou simulované termínové hodnoty od střední hodnoty více či méně vzdáleny, což vede v průměru k horšímu výsledku. Výsledky těchto metod tak sice znamenají určité zlepšení vůči zcela náhodné Nulové metodě, ale velikost chyb je ve srovnání s ostatními metodami vyšší.

U všech metod je výhodou rozčlenění dat do 12 nebo 36 směrových sektorů, rozdíl mezi těmito variantami je ale nevýrazný.

Z hlediska simulace větrné růžice (**h4,h5**: RMS, Přílohy 2-8 a 2-9, tab. 3.8) je uvažována odlišná sestava metod, neboť kromě Metody 1 a Metody 2 jsou simulovány pouze rychlosti větru. Pro odhad směru větru je jednoduchým postupem jeho přímé převzetí z referenční řady, případně použití "Metody posunu", tedy korekce podle průměrného rozdílu mezi referenční a cílovou řadou pro danou kategorii (viz kapitulu 3.5.5). Tyto postupy ale slouží spíše k přibližnému odhadu termínových hodnot směru větru (nebylo testováno) než větrných růžic.

metoda	DD	h4 [%]	h5 [°]
		RMS	RMS
ref	1	41,0%	18,70
ref	12	41,0%	18,70
ref	36	41,0%	18,70
posun	1	41,8%	17,43
posun	12	40,6%	11,19
posun	36	48,0%	11,47
m1	1	35,4%	13,66
m1	12	15,6%	4,33
m1	36	10,8%	4,06
m2	1	14,7%	7,40
m2	12	11,0%	3,93
m2	36	10,9%	3,92
průměr		29,3%	11,13
Nulová m.		15,8%	8,33

Tab. 3.8 Souhrnné hodnoty výsledků testování různých metod simulace směru větru. Hodnoty jsou vždy aritmetickým průměrem z výsledků všech testovaných kombinací referenčních a cílových řad. Podrobné výsledky podává Příloha 2.

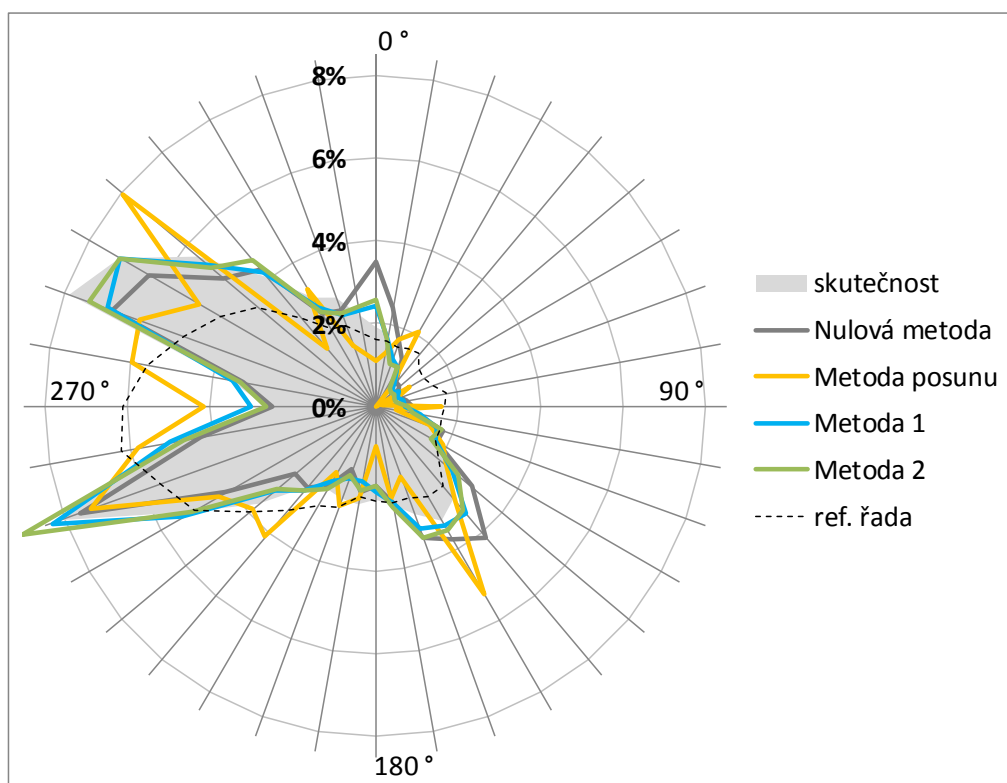
Použití nekorigovaného směru větru z referenční řady dává v případě rozdílných větrných růžic obou řad pochopitelně chybný výsledek. Vhodnějším postupem je v takovém případě Nulová metoda, uvažující použití původní větrné růžice cílové řady z trénovacího období. Použití referenční větrné růžice může být opodstatněné v případě navzájem blízkých měření a zvláště při krátkém trénovacím období. To částečně naznačují výsledky pro kombinaci blízkých stanic Praha-Ruzyně a Praha-Libuš. Podle kritéria sektorových četností (**h4**) je v tomto případě použití růžice ze sousední stanice horší než Nulová varianta, což odráží rozdíly v detailech větrných růžic v těchto dvou lokalitách. Z hlediska kritéria KSI pro směr větru (**h5**) je ovšem výhodnější použití nekorigované růžice ze sousední stanice Praha-Libuš než původních dat,

neboť referenční růžice zohledňuje odlišné zastoupení jednotlivých převládajících směrů větru v trénovacím a verifikačním (doplňovaném) období. Ke zlepšení dochází dokonce i při použití nekorigovaného výsledku reanalýzy MERRA pro výšku 10 m v Praze-Ruzyni, což naznačuje, že tato reanalýza dobře simuluje skutečné větrné podmínky této lokality.

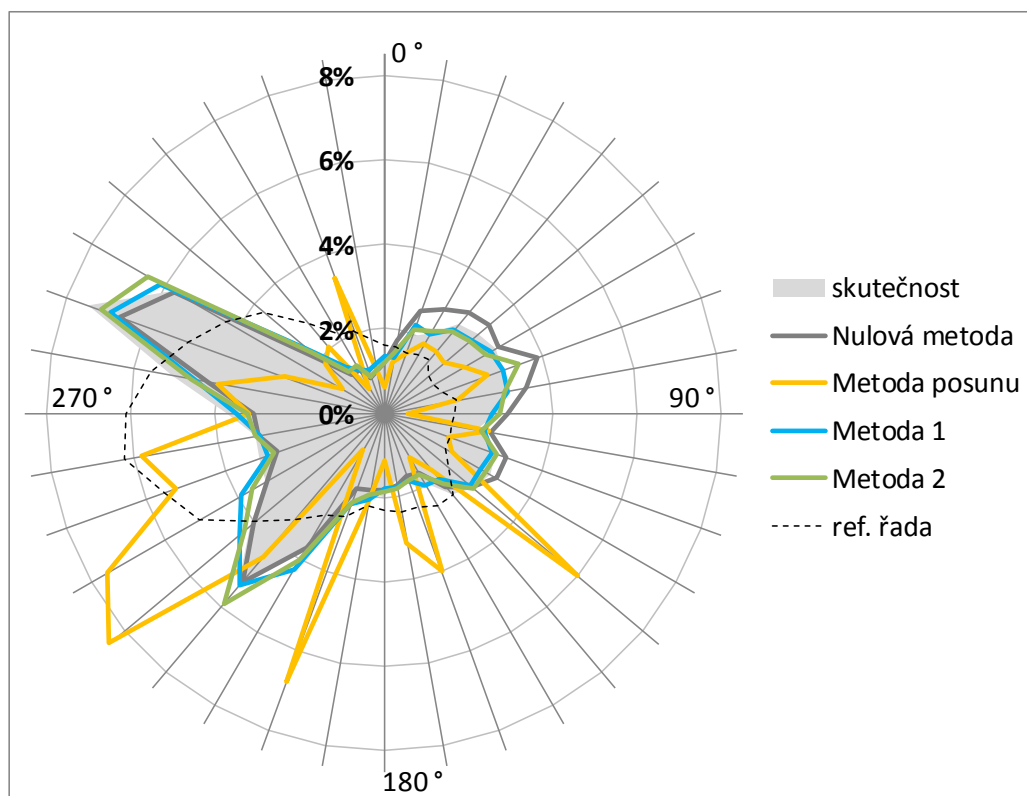
Metoda posunu je založena na opravě směrů větru z referenční řady. Jejím cílem je zohlednit systematické rozdíly mezi referenční a cílovou větrnou růžicí. Po aplikaci posunů, které jsou konstantní uvnitř jednotlivých sektorů, však dochází ke vzniku "mezer", kdy některé směry větru na cílové řadě zcela chybí. To vede k lokálním rozdílům na větrné růžici, která pak vypadá na pohled podivně. Podle kritéria sektorových četností (**h4**) proto tato metoda zcela propadá, podle kritéria KSI pro směr větru (**h5**) jsou ovšem výsledky mnohem lepší. Vůči Nulové metodě dochází v případě přibližně podobného režimu směrů větru na referenční a cílové řadě převážně ke zlepšení, naopak při výrazných odlišnostech je výhodnější použití Nulové metody. Metoda posunu má pochopitelně smysl především v případech, kdy je uvažováno členění po směrech větru; jako vhodnější se jeví spíše hrubší členění do 12 sektorů.

Mnohem lepší výsledky dávají Metoda 1 a Metoda 2. Mírně úspěšnější je Metoda 2, a to zejména při nižším počtu směrových sektorů. To zřejmě vyplývá z principu těchto metod, kdy Metoda 1 opravuje směry větru na referenční řadě, zatímco Metoda 2 vychází přímo z původních dat cílové řady. Protože opravy směrů jsou u Metody 1 vybírány náhodně z celé kategorie, v případě širších sektorů vybraná oprava nemusí být reprezentativní pro konkrétní referenční směr větru, na který je aplikována. V případě členění na 36 sektorů se rozdíl mezi Metodou 1 a Metodou 2 stírá a toto podrobnější členění se jeví jako celkově výhodnější.

Příklad skutečných a simulovaných větrných růžic v jednom konkrétním běhu ilustrují [obr. 3.9](#) a [obr. 3.10](#).



Obr. 3.9 Příklad skutečných a simulovaných větrných růžic na Milešovce. Referenční řadou je modelový vítr MERRA ve výšce 10 m.



Obr. 3.10 Příklad skutečných a simulovaných větrných růžic v Kopistech. Referenční řadou je modelový vítr MERRA ve výšce 10 m.

3.6.3 Vlastní metody: porovnání variant výpočetního postupu

Následující porovnání má za cíl zjistit, zda a jaký je přínos použití dvou specifických úprav výpočetního postupu v Metodě 1 a v Metodě 2. Konkrétně jde o (viz též kapitoly 3.4.1, 3.4.2 a 3.5.5):

- seřazení termínů použitých při doplňování tak, aby byly v rámci jedné kategorie termínům doplňovaného období s vyššími rychlostmi větru na referenční řadě přiřazovány termíny trénovacího období s vyšší rychlosti větru na referenční řadě v a naopak,
- korekci rychlostí větru podle poměru průměrných rychlostí v rámci kategorie.

Pro porovnání byla použita stejná sestava 13 kombinací referenčních a cílových řad jako v předchozím případě. Výsledky porovnání ukazuje podrobně Příloha 3, souhrnné výsledky shrnuje tab. 3.9.

m.	DD	Opr	Řaz	h1 (% rychlosti větru)			h2 (% hustoty výkonu)			h3 (% rv)	h4 [%]	h5 [°]	h6 (% rv)
				RMSE	absmax	bias	RMSE	absmax	bias	RMS	RMS	RMS	RMS
m1	1	a	a	3,62%	8,82%	0,37%	9,9%	24,4%	0,55%	3,15%	35,4%	13,54	75,1%
m1	1	n	a	3,61%	8,89%	0,36%	10,0%	24,5%	0,54%	3,17%	35,4%	13,54	75,0%
m1	1	a	n	3,62%	8,82%	0,37%	10,0%	24,0%	2,12%	3,09%	35,6%	13,60	75,6%
m1	1	n	n	3,65%	8,88%	0,67%	10,1%	24,2%	2,50%	3,08%	35,6%	13,59	75,7%
m1	12	a	a	3,20%	7,22%	0,52%	8,2%	18,6%	1,02%	2,83%	15,6%	4,35	69,1%
m1	12	n	a	3,19%	7,26%	0,52%	8,2%	18,7%	1,03%	2,85%	15,6%	4,36	69,1%
m1	12	a	n	3,20%	7,22%	0,52%	8,6%	19,3%	2,76%	2,85%	15,3%	4,11	69,7%
m1	12	n	n	3,26%	7,42%	0,86%	8,8%	19,9%	3,28%	2,85%	15,3%	4,11	69,8%
m1	36	a	a	3,16%	7,20%	0,56%	8,5%	19,9%	2,00%	2,84%	10,7%	4,15	68,6%
m1	36	n	a	3,15%	7,13%	0,56%	8,7%	20,7%	2,06%	2,85%	10,7%	4,13	68,6%
m1	36	a	n	3,16%	7,19%	0,56%	9,2%	20,2%	3,65%	2,89%	10,5%	4,01	69,1%
m1	36	n	n	3,23%	7,34%	0,87%	9,6%	20,3%	4,21%	2,89%	10,5%	4,01	69,3%
m2	1	a	a	3,62%	8,84%	0,36%	10,0%	24,4%	0,25%	3,18%	14,0%	7,20	75,1%
m2	1	n	a	3,69%	9,21%	0,27%	10,4%	25,5%	-0,66%	3,31%	14,0%	7,21	75,0%
m2	1	a	n	3,62%	8,81%	0,37%	10,0%	24,3%	0,25%	3,18%	14,0%	7,20	76,3%
m2	1	n	n	3,67%	9,16%	0,27%	10,4%	25,4%	-0,66%	3,31%	14,0%	7,20	76,3%
m2	12	a	a	3,19%	7,15%	0,53%	8,2%	19,2%	0,21%	2,85%	10,8%	3,95	69,2%
m2	12	n	a	3,21%	7,46%	0,14%	8,9%	21,4%	-1,65%	3,08%	10,8%	3,95	69,1%
m2	12	a	n	3,20%	7,17%	0,53%	8,2%	19,1%	0,22%	2,86%	10,7%	3,94	70,3%
m2	12	n	n	3,21%	7,46%	0,14%	8,9%	21,4%	-1,66%	3,08%	10,7%	3,95	70,3%
m2	36	a	a	3,15%	7,21%	0,56%	8,2%	19,8%	0,29%	2,85%	10,7%	3,96	68,7%
m2	36	n	a	3,17%	7,42%	-0,12%	9,2%	21,8%	-2,73%	3,13%	10,7%	3,97	68,5%
m2	36	a	n	3,16%	7,20%	0,56%	8,2%	19,7%	0,30%	2,85%	10,7%	3,97	69,9%
m2	36	n	n	3,17%	7,44%	-0,12%	9,2%	21,9%	-2,74%	3,13%	10,7%	3,97	69,8%
průměr				3,33%	7,80%	0,42%	9,2%	21,6%	0,65%	3,01%	15,9%	6,05	71,3%
<i>Nulová metoda</i>				6,29%	13,83%	-0,06%	20,4%	39,8%	-0,90%	4,83%	15,2%	8,25	95,6%

Tab. 3.9 Souhrnné hodnoty výsledků testování různých variant výpočetního postupu Metody 1 a Metody 2. Hodnoty jsou vždy aritmetickým průměrem z výsledků všech testovaných kombinací referenčních a cílových řad. Zkratka "rv" u kritérií h3 a h6 znamená "rychlosti větru". Podrobné výsledky podává Příloha 3.

Obecně platí, že vliv obou testovaných korekcí na přesnost výsledku je podstatně menší než vlivy dosud zkoumaných okolností. Výsledek čisto více záleží na volbě referenční a cílové řady, na počtu použitých směrových sektorů nebo dokonce na výběru testovacích běhů (viz srovnání s analogickými výpočty v Příloze 1 a Příloze 2 než na uplatnění těchto korekcí).

Z hlediska simulace průměrné rychlosti větru (*h1 RMSE*, Příloha 3-1 a *absmax*, Příloha 3-2) má nejvýraznější dopad korekce rychlostí větru u Metody 2. Korekce zde vede převážně ke zlepšení výsledku, které však v průměru není výrazné a neuplatňuje se vždy. Například v Ostravě-Porubě dávají lepší výsledky varianty bez opravy. Vliv korekcí rychlostí větru u Metody 1 je z hlediska simulace průměrné rychlosti větru převážně malý, podobně jako vliv seřazení termínů u obou metod. Nepatrně horší výsledky než v ostatních variantách lze pozorovat pouze u Metody 1 ve variantě bez korekce rychlostí větru a současně bez seřazení.

Z hlediska systematické chyby simulace rychlosti větru (*bias*, Příloha 3-3) vede použití korekce rychlostí větru u Metody 2 k mírně vyšším výsledným rychlostem větru než varianta bez této korekce. Která z těchto variant je správnější, není možné dobře posoudit, neboť v některých případech jsou blíže nevychýlenému výsledku nižší hodnoty a v některých hodnoty vyšší. Například výsledky na cílové stanici Ostrava-Poruba jsou napříč použitými variantami

systematicky nadhodnocené a blíže nevychýlenému výsledku jsou proto nižší hodnoty. To může být také příčinou, proč jsou pro tuto stanici i z hlediska *RMSE* i *absmax* lepší výsledky u nekorigované Metody 2. U Metody 1 jsou výsledky variant s použitou korekcí rychlosti větru převážně podobné analogickým hodnotám Metody 2, mírně vyšší jsou ve variantách bez korekce rychlostí větru a současně bez seřazení. Tyto výsledky jsou ve většině případů dále od nevychýleného výsledku než ostatní varianty. To naznačuje, že Metoda 1 má zřejmě zejména v nekorigované podobě tendenci k nadhodnocování výsledku, přičemž toto nadhodnocení je do značné míry eliminováno buď seřazením nebo provedením korekcí (viz též níže).

V případě simulace průměrné hustoty výkonu větru (**h2**: *RMSE*, [Příloha 3-4](#) a *absmax*, [Příloha 3-5](#)) jsou rozdíly mezi variantami výraznější. U Metody 2 vede provedení korekce rychlosti větru u cílových stanic Milešovka, Kopisty a Praha-Ruzyně jednoznačně ke zlepšení výsledku, v Ostravě-Porubě je mírně lepší naopak nekorigovaný výsledek. Podobně jako u průměrné rychlosti větru však protichůdný výsledek Ostravy-Poruby může být spíše odrazem celkově nadhodnocených výsledků na této cílové stanici, kdy systematicky nižší hodnoty nekorigovaných variant Metody 2 vedou k celkově lepším výsledkům. U Metody 1 mají jak seřazení, tak korekce rychlostí větru převážně mírný pozitivní vliv.

Také systematické chyby simulace hustoty výkonu (*bias*, [Příloha 3-6](#)) vykazují výraznější rozdíly než v případě průměrné rychlosti větru. V rámci Metody 2 mají výsledky bez korekce rychlosti větru převážně tendenci podhodnocovat simulovanou hustotu výkonu, zatímco korigované výsledky se pohybují okolo rovnovážné hodnoty. Výjimku tvoří již zmiňovaná Ostrava-Poruba. Na Metodě 1 se zřetelně projevuje pozitivní vliv přiřazování seřazených rychlostí větru. Zatímco výsledky variant, kde bylo seřazení aplikováno, se s výjimkou Ostravy-Poruby pohybují převážně kolem nuly, ve variantách bez seřazení je zřetelná tendence k nadhodnocování vypočtené průměrné hustoty výkonu větru v průměru cca o 2 % hustoty výkonu větru. V případě bez seřazení je pravděpodobné nadhodnocení vypočtené hustoty výkonu alespoň mírně sníženo při provedení korekce rychlostí větru.

Výsledky simulace tvary četnostního rozdělení rychlostí větru (**h3**: *RMS*, [Příloha 3-7](#)) jsou v dobrém souladu s výše diskutovanými hypotézami. Při použití Metody 2 vede aplikace opravy rychlosti větru ke zřetelnému zlepšení simulace tvaru četnostního rozdělení. Seřazení opět nemá znatelný vliv. U Metody 1 je vliv opravy rychlostí větru i řazení podle rychlostí větru přibližně neutrální. Výjimkou jsou simulace, kdy je cílovou řadou Milešovka. Zde vede předběžné seřazení ke znatelnému zlepšení simulovaného rozdělení.

Na simulaci větrné růžice (**h4,h5**: *RMS*, [Přílohy 3-8](#) a [3-9](#)) nemá ne/provedení diskutovaných korekcí žádný zřetelný vliv.

Z hlediska přesnosti simulace termínových hodnot rychlosti větru (**h6**: *RMS*, [Příloha 3-10](#)) má zcela očekávatelně u obou metod pozitivní vliv předběžné seřazení hodnot podle rychlosti větru. V případě seřazení jsou z trénovacího období vybírány hodnoty, které jsou pro daný doplňovaný termín v průměru více reprezentativní, což v průměru vede ke zlepšení výsledku. Vliv korekce rychlostí větru je v tomto ohledu u obou metod zanedbatelný.

3.6.4 Vlastní metody: porovnání variant základního členění kategorií

Další porovnání se zaměřuje na způsob vymezení základních kategorií. V první řadě jde o vliv ne/zahrnutí členění podle denní doby (DCh) či sezóny (RCh). Vedle toho byl proveden výpočet pro:

i) nestandardní hodnoty horní hranice nejnižší rychlostní kategorie. Vyšší hodnoty znamenají, že větší část dat spadá mezi podlimitní hodnoty, tedy do kategorie reprezentující "bezvětří", kdy nejsou uvažovány rozdíly mezi různými směry větru. Standardně je uvažována horní hranice této kategorie na úrovni 30 % průměrné rychlosti větru, testovány byly varianty jejího snížení na 20 % (m20) a zvýšení na 50 % a 100 % průměrné rychlosti větru (m50 a m100),

ii) nestandardní hodnoty relativní velikosti kategorie základního členění podle rychlosti větru. Vyšší hodnoty znamenají hrubší členění, nižší hodnoty jemnější základní členění. Standardně je uvažována velikost kategorií na úrovni 40 % rychlosti větru na dolní hranici kategorie, testovány byly varianty jejího snížení na 10 % (v10) a zvýšení na 100 % (v100),

iii) nestandardně jemné členění podle směru větru na 360 směrových sektorů.

Pro porovnání byla použita stejná sestava 13 kombinací referenčních a cílových řad jako v předchozích případech. Výsledky porovnání ukazuje podrobně [Příloha 4](#), souhrnné výsledky shrnuje [tab. 3.10](#).

m.	DD	spc	h1 (% rychlosti větru)			h2 (% hustoty výkonu)			h3 (% rv)	h4 [%]	h5 [°]	h6 (% rv)
			RMSE	absmax	bias	RMSE	absmax	bias	RMS	RMS	RMS	RMS
m1	12		3,20%	7,22%	0,52%	8,2%	18,6%	1,02%	2,83%	15,6%	4,35	69,1%
m1	12	RCh	3,21%	7,15%	0,63%	8,1%	18,3%	1,50%	2,82%	15,6%	4,30	68,6%
m1	12	DCh	3,16%	7,22%	0,56%	8,1%	18,5%	1,09%	2,80%	15,6%	4,40	65,0%
m1	12	RDCh	3,18%	7,07%	0,66%	8,1%	18,6%	1,68%	2,79%	15,6%	4,35	64,0%
m1	36		3,16%	7,20%	0,56%	8,5%	19,9%	2,00%	2,84%	10,7%	4,15	68,6%
m1	36	RCh	3,18%	7,17%	0,60%	8,8%	20,3%	2,93%	2,88%	10,7%	4,08	68,1%
m1	36	DCh	3,14%	7,15%	0,49%	8,8%	19,7%	2,26%	2,85%	10,7%	4,21	64,4%
m1	36	RDCh	3,20%	7,13%	0,69%	9,6%	21,4%	4,15%	2,94%	10,8%	4,14	63,7%
m2	36		3,15%	7,21%	0,56%	8,2%	19,8%	0,29%	2,85%	10,7%	3,96	68,7%
m2	36	RCh	3,19%	7,21%	0,59%	8,2%	19,1%	0,49%	2,84%	10,8%	4,02	68,3%
m2	36	DCh	3,13%	7,15%	0,49%	8,3%	19,4%	-0,03%	2,85%	10,7%	4,00	64,5%
m2	36	RDCh	3,20%	7,06%	0,69%	8,4%	19,2%	0,76%	2,85%	10,8%	3,99	64,0%
m1	36	m20	3,16%	7,29%	0,52%	8,6%	19,2%	2,06%	2,84%	10,5%	4,03	68,6%
m1	36	m50	3,17%	7,25%	0,59%	8,7%	19,7%	2,24%	2,84%	12,1%	5,31	68,7%
m1	36	m100	3,30%	7,62%	0,57%	8,5%	18,7%	2,17%	3,05%	21,3%	9,82	69,9%
m1	36	v10	3,15%	7,31%	0,45%	8,6%	20,5%	1,51%	2,86%	10,8%	4,18	68,5%
m1	36	v100	3,22%	7,30%	0,64%	8,8%	19,6%	2,45%	2,86%	10,7%	4,16	68,7%
m1	360		3,82%	8,37%	1,43%	17,2%	37,0%	12,36%	4,05%	11,2%	4,34	70,6%
průměr			3,22%	7,28%	0,58%	9,0%	20,4%	2,27%	2,92%	12,5%	4,54	67,3%
<i>Nulová metoda</i>			6,29%	13,83%	-0,06%	20,4%	39,8%	-0,90%	4,83%	15,2%	8,25	95,6%

Tab. 3.10 Souhrnné hodnoty výsledků testování různých variant základního členění kategorií pro Metodu 1 a Metodu 2. Hodnoty jsou vždy aritmetickým průměrem z výsledků všech testovaných kombinací referenčních a cílových řad. Zkratka "rv" u kritérií h3 a h6 znamená "rychlosti větru". Podrobné výsledky podává [Příloha 4](#).

Simulace průměrné rychlosti větru (**h1** *RMSE*, [Příloha 4-1](#) a *absmax*, [Příloha 4-2](#)) ukazuje, že mezi jednotlivými variantami sice existují rozdíly, ty jsou však individuální pro konkrétní kombinace referenční a cílové řady a jen těžko lze vyvozovat obecnější závěry. Konkrétně zohlednění denního či ročního chodu přináší spíše zhoršení z hlediska *RMSE* a spíše zlepšení z hlediska *absmax*, existuje však řada případů, kdy je tomu naopak. Z hlediska hranice nejnižší rychlostní kategorie vychází standardní varianta, varianta mírně nižší (m20) a mírně vyšší (m50) hranice srovnatelně. Teprve varianta s velkým podílem rychlostí zařazených do nejnižší rychlostní kategorie (m100) dává výrazněji odlišné, převážně horší výsledky (ale například pro variantu Milešovky podle reanalýzy NCEP/NCAR vede k výraznému zlepšení). Možnost velmi jemného členění podle směru větru (m1_360) dává v případě použití referenčních dat z reanalýz NCEP/NCAR mimořádně špatné výsledky, v ostatních případech je její úspěšnost různorodá.

Podobně nezřetelné jsou výsledky z hlediska systematické chyby simulace rychlosti větru (*bias*, [Příloha 4-3](#)). Spíše vyšší hodnoty dávají varianty se zahrnutím ročního chodu a zvláště pak při zahrnutí denního i ročního chodu současně. Samotný denní chod simulované průměrné rychlosti větru spíše snižuje. Vysoce kladné odchylky lze zaznamenat v případě extrémně jemného členění podle směrů větru (m1_360).

Simulace průměrné hustoty výkonu větru (**h2**: *RMSE*, [Příloha 4-4](#), *absmax*, [Příloha 4-5](#) a *bias*, [Příloha 4-6](#)) dává v zásadě podobné výsledky jako simulace průměrné rychlosti větru, v některých ohledech jsou ale rozdíly výraznější. Podobně jako u průměrných rychlostí větru dávají větší kladnou systematickou odchylku varianty, kde dochází k výskytu kategorií s větším rozsahem rychlostí větru z důvodu podrobnějšího členění na kategorie mimo rychlost větru nebo hrubšího základního členění podle rychlosti větru (viz diskuzi v [kapitole 3.7.2](#)). V těchto případech se zvyšuje i *RMSE*. U *absmax* je tato souvislost méně výrazná. Vliv velikosti nejnižší rychlostní kategorie je poměrně nezřetelný. Důvodem je zřejmě skutečnost, že rychlosti větru pod 100 % průměrné rychlosti větru mají na průměrnou hustotu výkonu větru jen malý vliv.

Z hlediska tvaru četnostního rozdělení rychlostí větru (**h4**: *RMS*, [Příloha 4-7](#)) dává tradičně problematický výsledek varianta uvažující členění na 360 směrových kategorií. Celkově nepříliš dobrý je též výsledek při volbě největšího rozsahu nejnižší rychlostní kategorie (m100). V ostatních případech jsou rozdíly mezi jednotlivými varianty nevýrazné, s výjimkou některých případů, kdy referenční řadou reanalýza NCEP/NCAR.

U simulace větrné růžice (**h4**, **h5**: *RMS*, [Přílohy 4-8 a 4-9](#)) je podstatné zejména vymezení rozsahu nejnižší rychlostní kategorie. Menší rozsah této kategorie, uvnitř které není rozlišováno mezi směry větru, vede k lepším výsledkům. Jinak u Metody 1 výsledek závisí především na členění podle směru větru, kdy podrobnější členění (36 směrů) dává lepší výsledky. To ovšem již neplatí pro variantu s 360 směrovými kategoriemi, jejíž výsledek je spíše horší než u varianty se 36 směry.

Na přesnost simulace termínových hodnot rychlosti větru (**h6**: *RMS*, [Příloha 4-10](#)) má zejména na níže položených cílových stanicích výrazně pozitivní vliv zahrnutí denního chodu. Slabý pozitivní vliv má zřejmě i zahrnutí ročního chodu, jedná se však o řádově menší rozdíly.

Naopak tradičně nepříznivý dopad má vymezení příliš široké nejnížší rychlostní kategorie (m100) nebo extrémně jemné členění do směrových kategorií (m1_360).

3.6.5 Vlastní metody: porovnání variant minimálního počtu dat v kategorii

Poslední porovnání má za cíl ukázat vliv minimálního požadovaného počtu trénovacích dat v kategorii na přesnost výsledku. Jak je popsáno v [kap. 3.4.3](#), pokud má určitá kategorie méně než minimální počet dat, pak je sloučena s další kategorií (či se skupinou kategorií) a toto slučování probíhá, dokud není minimálního počtu dat dosaženo.

Porovnání bylo prováděno po 5 variant minimálního počtu dat, kterými jsou:

- standardní varianta, kdy je minimem 6 termínů
- varianty s vyšším minimálním počtem dat, konkrétně 12 a 48 termínů
- varianta, kde postačuje jediný termín v kategorii (kategorie zcela bez dat byly sloučeny s příslušející kategorií obsahující data)
- varianta, kde slučování vůbec neprobíhá. Pokud termín doplňovaného období spadne do kategorie bez trénovacích dat, pak není brán v úvahu (podobného výsledku by bylo dosaženo, kdyby namísto toho byl použit náhodný termín z trénovacího období)

Pro porovnání byla použita obvyklá sestava 13 kombinací referenčních a cílových řad. Výsledky porovnání ukazuje podrobně [Příloha 5](#), souhrnné výsledky [tab. 3.11](#).

Podle očekávání varianta bez slučování kategorií (a tedy s výskytem "prázdných" kategorií) dává ve většině ohledů mimořádně špatné výsledky. Výsledky pro tuto variantu proto byly označeny šedě, nejsou uvedeny v grafech a nejsou brány v úvahu při výpočtech průměrů či při zvýraznění nejvyšších a nejnižších hodnot.

Z hlediska průměrné rychlosti větru (**h1** *RMSE*, [Příloha 5-1](#), *absmax*, [Příloha 5-2](#) a *bias*, [Příloha 5-3](#)) převládají mezi jednotlivými variantami jen malé rozdíly. Varianty s minimálním počtem 1, 6 nebo 12 termínů jsou z pohledu *RMSE* nebo systematické chyby prakticky totožné. Pouze varianta, kde postačuje 1 termín má slabou tendenci k vyšším hodnotám největší chyby (*absmax*). Mírně horší výsledky dává varianta s minimálním počtem 48 termínů, a to zvláště tehdy, pokud je uvažován vyšší počet kategorií (tedy zejména varianta 36 směrů současně s členěním podle denního a ročního chodu). V těchto případech se zvyšuje *RMSE* a také vzniká výraznější kladná systematická odchylka. Příčinou je zřejmě již zmíněný větší rozměr rychlostních kategorií způsobený výraznějším slučováním.

Tento princip se opět výrazněji projevuje při simulaci průměrné hustoty výkonu větru (**h2**: *RMSE*, [Příloha 5-4](#), *absmax*, [Příloha 5-5](#) a *bias*, [Příloha 5-6](#)). Zde mají varianty s podrobnějším členěním a větším minimálním počtem dat v kategorii jasnou tendenci ke kladným systematickým odchylkám. To opět vede u řad celkově vychýlených kladným směrem ke zvýšení *RMSE*, u řad vychýlených celkově záporně spíše k jeho snížení.

m.	DD	spc	N	h1 (% rychlosti větru)			h2 (% hustoty výkonu)			h3 (% rv)	h4 [%]	h5 [°]	h6 (% rv)
				RMSE	absmax	bias	RMSE	absmax	bias	RMS	RMS	RMS	RMS
m1	12		0	5,76%	11,73%	-4,52%	9,1%	22,3%	-3,39%	5,29%	23,8%	16,21	71,1%
m1	12		1	3,20%	7,31%	0,50%	8,2%	19,1%	0,92%	2,83%	15,6%	4,34	69,1%
m1	12		6	3,20%	7,22%	0,52%	8,2%	18,6%	1,02%	2,83%	15,6%	4,35	69,1%
m1	12		12	3,19%	7,11%	0,54%	8,1%	18,3%	1,14%	2,83%	15,6%	4,35	69,2%
m1	12		48	3,20%	7,25%	0,54%	8,2%	18,5%	1,28%	2,82%	15,6%	4,37	69,2%
m1	12	RDCh	0	6,81%	12,87%	-5,84%	10,0%	23,8%	-5,62%	5,56%	25,2%	17,83	67,9%
m1	12	RDCh	1	3,18%	7,11%	0,63%	8,1%	19,2%	1,24%	2,80%	15,6%	4,35	64,0%
m1	12	RDCh	6	3,18%	7,07%	0,66%	8,1%	18,6%	1,68%	2,79%	15,6%	4,35	64,0%
m1	12	RDCh	12	3,20%	7,06%	0,68%	8,2%	18,9%	1,92%	2,81%	15,6%	4,35	64,1%
m1	12	RDCh	48	3,33%	7,31%	0,87%	8,8%	20,0%	2,94%	2,84%	15,9%	4,43	64,3%
m1	36		0	6,41%	12,46%	-5,37%	9,8%	23,1%	-5,24%	5,40%	20,6%	16,89	71,4%
m1	36		1	3,17%	7,42%	0,54%	8,7%	21,2%	1,74%	2,84%	10,7%	4,12	68,6%
m1	36		6	3,16%	7,20%	0,56%	8,5%	19,9%	2,00%	2,84%	10,7%	4,15	68,6%
m1	36		12	3,15%	7,17%	0,53%	8,6%	19,8%	2,16%	2,84%	10,7%	4,14	68,6%
m1	36		48	3,25%	7,46%	0,68%	9,2%	20,7%	3,04%	2,87%	10,7%	4,15	68,8%
m1	36	RDCh	0	10,34%	17,18%	-9,71%	13,5%	28,6%	-10,54%	6,77%	26,9%	23,88	70,5%
m1	36	RDCh	1	3,17%	7,04%	0,64%	9,7%	23,6%	3,44%	2,92%	11,0%	4,19	63,6%
m1	36	RDCh	6	3,20%	7,13%	0,69%	9,6%	21,4%	4,15%	2,94%	10,8%	4,14	63,7%
m1	36	RDCh	12	3,31%	7,34%	0,89%	10,1%	22,6%	4,96%	2,98%	10,7%	4,11	63,9%
m1	36	RDCh	48	3,65%	8,01%	1,24%	11,2%	25,0%	6,02%	3,10%	12,0%	4,67	64,4%
m2	36		0	6,41%	12,55%	-5,36%	9,9%	23,5%	-5,35%	5,42%	20,9%	16,43	71,5%
m2	36		1	3,16%	7,41%	0,54%	8,4%	19,4%	0,48%	2,86%	10,7%	3,97	68,6%
m2	36		6	3,15%	7,21%	0,56%	8,2%	19,8%	0,29%	2,85%	10,7%	3,96	68,7%
m2	36		12	3,16%	7,17%	0,53%	8,2%	19,3%	0,24%	2,85%	10,7%	3,96	68,7%
m2	36		48	3,26%	7,45%	0,68%	8,5%	19,1%	0,80%	2,87%	10,7%	4,02	69,0%
průměr				3,22%	7,27%	0,65%	8,7%	20,1%	2,07%	2,87%	12,8%	4,22	66,9%
Nulová m.				6,29%	13,83%	-0,05%	20,3%	39,3%	-0,06%	6,96%	15,1%	8,28	95,5%

Tab. 3.11 Souhrnné hodnoty výsledků testování různých variant minimálního počtu dat v kategorii pro Metodu 1 a Metodu 2. Hodnoty jsou vždy aritmetickým průměrem z výsledků všech testovaných kombinací referenčních a cílových řad. Zkratka "rv" u kritérií h3 a h6 znamená "rychlosti větru". Podrobné výsledky podává Příloha 5.

Z hlediska tvaru četnostního rozdělení rychlostí větru (**h5**: RMS, Příloha 5-7) je výsledek podobný jako v předchozích případech. Vyšší minimální požadovaný počet dat v kategorii vede převážně ke zhoršení výsledku.

Výsledky simulace větrné růžice (**h5, h5**: RMS, Přílohy 5-8 a 5-9) jsou pro většinu variant téměř totožné. Pouze v případě podrobnějšího základního členění kategorií dává zřetelně horší výsledky varianta s požadavkem minimálně 48 termínů, spíše horší než standardní varianta může být i varianta, kde postačuje 1 termín.

Přesnost simulace termínových hodnot rychlosti větru (**h6**: RMS, Příloha 5-10) na požadavku na minimálním počtu dat v kategorii téměř nezávisí, opět však lze očekávat spíše lepší výsledky v případě nižšího minimálního požadovaného počtu dat.

3.7 Shrnutí a diskuze výsledků porovnání

3.7.1 Porovnání referenčních a cílových řad

Porovnání výsledků pro různé referenční a cílové řady ukázalo v první řadě značné systematické rozdíly mezi jednotlivými řadami. Některé řady lze při pouze mírném zjednodušení označit jako celkově "obtížné" (z pozice cílové řady) či "špatné" (z pozice řady referenční) a jiné naopak za "snadné" či "dobré". Tyto rozdíly se zpravidla projevují napříč ostatními výsledky.

Mezi cílovými řadami rozdíly zřejmě souvisí především s umístěním stanice, neboť větší relativní chyby se týkají stanic níže položených či umístěných v kotlinách, zatímco výsledky pro stanice ve výše položených otevřených polohách jsou lepší. To lze vysvětlit vysokým podílem situací, kdy je proudění vzduchu v nízké položených lokalitách izolováno od velkoprostorového charakteru proudění, například při inverzi, při uplatnění místních cirkulačních systémů apod., zatímco ve výše položených otevřených polohách k takovým situacím dochází méně často. Nízké položené stanice mají také tendenci k vyšší relativní variabilitě větru (relativní vůči průměrné rychlosti větru), což ukazují relativně větší chyby Nulové metody u těchto stanic. V případě větrné růžice (**h4,h5**) jsou rozdíly mezi cílovými řadami celkově menší než u ostatních kritérií a zřejmě souvisí především s tvarem větrné růžice na cílové řadě.

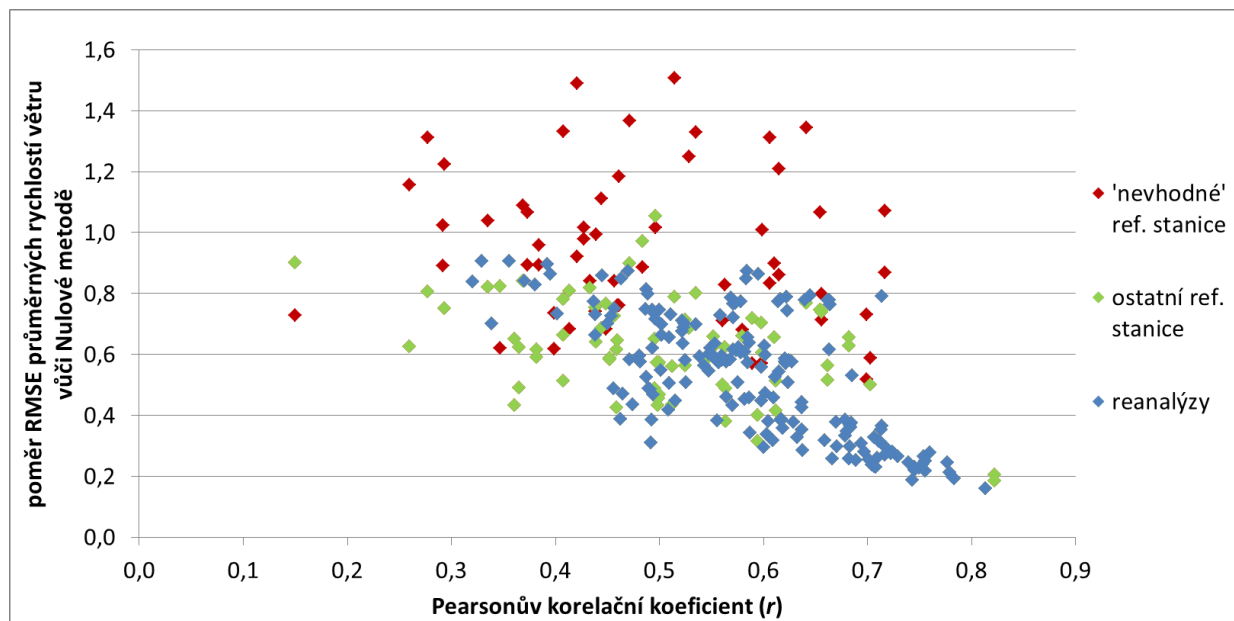
Mezi referenčními řadami dávají nejlepší výsledky blízké pozemní stanice (ve vzdálenosti řádově desítek km) a výstupy z nejnižších hladin reanalýz (konkrétně ERA Interim 1000 hPa a MERRA v 10 m a 50 m). V případě pozemních stanic je ovšem podmínkou, aby se referenční stanice nacházela v místě s podobným větrným režimem a současně v otevřené či orograficky exponované lokalitě.

Ukázalo se, že problematické jsou obecně pozemní referenční stanice, nacházející se v nízkých polohách či kotlinách, a zvláště stanice v lokalitách, kde se vyskytují výrazné lokální deformace proudění (např. vítr ve směru orografické brázdy či napříč výrazným hřebenem, padavý vítr). Příčinou je zřejmě skutečnost, že se v takových případech určitý typ proudění může vyskytnout při různorodé skupině povětrnostních situací, a proto z takto deformovaného proudění nelze zpětně získat dobrou informaci o regionálně reprezentativních větrných podmínkách. V opačném směru tato úvaha neplatí, neboť i podmínky v "nejhůře" situovaných lokalitách jsou stále do značné míry předurčeny celkovým charakterem povětrnostní situace. Tím lze zřejmě vysvětlit, proč jsou stanice Ostrava-Poruba a Kopisty, které se nacházejí ve výrazných orografických brázdách, mimořádně špatnými referenčními stanicemi, přestože v roli cílové stanice jsou úspěšnější než například Doksany nebo Brno-Tuřany.

Celkově lze říci, že až na případy skutečně blízkých (a kvalitních) stanic je obecně lepší volbou použití referenční řady z reanalýz, zvláště s přihlédnutím k obecně horší dostupnosti dat z pozemních měření a k velkému riziku jejich nehomogenit.

Zajímavou otázkou je, jak závisí úspěšnost metod MCP na míře korelace mezi referenční a cílovou časovou řadou. To naznačuje obr. 3.11, kde je míra korelace dána do vztahu s ukazatelem, který porovnává *RMSE* průměrných rychlostí větru pro Metodu 1 (ve standardní variantě) se stejným ukazatelem pro Nulovou variantu. Nejlépe korelované kombinace

větroměrných řad s hodnotami r blízkými 0,8 vedly ke snížení původní chyby na 20 %, s klesající korelací úspěšnost v průměru klesá a výsledky vykazují značný rozptyl. Ukazuje se také, že i použití relativně málo korelované referenční řady může mít nezanedbatelný přínos, pokud lepší referenční data nejsou k dispozici. Například při míře korelace r mezi 0,5 a 0,6, hodnocené podle [EMD International \(2008\)](#) jako "velmi špatné" dochází stále ke zlepšení na 40 – 80 % chyby Nulové metody. Ke zlepšení vede dokonce i použití nejhůře korelovaných řad. Výjimku tvoří celkově "nevhodné" referenční stanice umístěné v nížinných polohách, kotlinách či v místech se silnou deformací proudění, u kterých se výsledky chovají chaoticky, na míře korelace prakticky nezávisí a jejichž použití často vede i ke zhoršení vůči Nulové metodě. K podobným výsledkům by bylo možno dojít i u jiných hodnotících kritérií.



Obr. 3.11 Vztah úspěšnosti Metody 1 ve standardní variantě při simulaci průměrné rychlosti větru k míře korelace termínových hodnot na různých kombinacích referenčních a cílových časových řad větru. Výsledky jsou rozděleny podle typu referenčních dat. V rámci pozemních stanic jsou za "nevhodné" považovány Doksany, Kopisty, Brno-Tuřany, Ostrava-Poruba a Cheb.

Z provedených porovnání dále vyplývá, že míra korelace či determinace nebo fyzická vzdálenost mezi referenční a cílovou řadou nemusí být nejlepším měřítkem pro výběr referenční řady větru. Podle mého názoru lze vhodnost referenční řady lépe definovat jako *míru, do jaké referenční časová řada zachycuje ty meteorologické aspekty, které určují větrné podmínky v místě cílové časové řady větru.* Například v místě, kde dochází k orografické deformaci proudění, může být značně zvýšená rychlost větru při proudění z určitých směrů. Pokud se jako referenční použije časová řada větru z místa, kde se tato deformace neprojevuje (například vítr ve volné atmosféře), pak může být korelace mezi oběma časovými řadami celkově poměrně nízká. Přesto však lze podle takové referenční řady identifikovat situace, kdy v místě cílového měření ke zmíněnému zesílení proudění dochází, což je podmínkou úspěšné simulace. Taková, celkově špatně korelovaná či zdánlivě odlehlá referenční řada, je často kvalitnějším podkladem pro prodloužení (doplnění) lokálního měření, než měření větru na lépe korelované stanici v sousedství, avšak postižené lokálními deformacemi proudění.

3.7.2 Porovnání různých metod a variant

Porovnání různých metod MCP ukazuje, že z testovaných možností dávají jednoznačně nejlepší výsledky vlastní metody Metoda 1 a Metoda 2, a to jak z hlediska simulace průměrné rychlosti větru, hustoty výkonu a četnostního rozlišení rychlostí, tak i z pohledu simulace větrné růžice. Jedinou výjimkou je kritérium hodnotící termínové rychlosti větru, kde dává nejlepší výsledek klasická lineární regrese. To však vyplývá ze skutečnosti, že k účelu odhadu termínových rychlostí větru metody Metoda 1 a Metoda 2 nebyly navrženy.

Rozdíl v přesnosti Metody 1 a Metody 2 vůči ostatním metodám je v řadě kritérií poměrně značný. Pro spravedlivé hodnocení je však nutno poznamenat, že vlastní metody byly srovnávány s jednoduchými výpočetními postupy a pro některé účely nejsou srovnávané metody určeny (například aplikace lineární regrese bez simulace reziduí pro simulaci četnostního rozdělení rychlostí). Pokud by byly použity některé složitější postupy známé z literatury, byl by rozdíl mezi metodami pravděpodobně těsnější. V takových případech však často záleží na jemných technických detailech aplikace použitých metod a provedení korektního srovnání bez účasti původních autorů či alespoň znalosti originálního kódu je obvykle problematické.

V řadě aplikací je ovšem praktické použití co nejjednoduššího postupu. Výsledky porovnání mezi jednoduchými metodami lze shrnout následovně:

- je-li cílem simulace průměrné rychlosti větru nebo termínových hodnot rychlostí větru, pak je nevhodnější metodou Lineární regrese (pokud možno po jednotlivých směrech větru),

- je-li cílem simulace rozdělení rychlostí větru nebo z něj vyplývajících charakteristik (hustota výkonu větru, parametr "shape" Weibullova rozdělení, výroba energie větrnou elektrárnou ap.), pak je nejlepší metodou Variance ratio, pokud možno při členění do 12 směrů větru. Obecně však žádná z jednoduchých metod není pro tento účel vhodná, pokud není doplněna simulací reziduí,

- je-li cílem zjištění přesného tvaru větrné růžice, pak je nejlépe použít původní naměřenou větrnou růžici v cílové lokalitě,

- je-li cílem zjištění rozložení a váhy převládajících směrů větru, pak je nejlepší možností Metoda posunu při členění do 12 směrů větru. V případě, že jsou větrné růžice referenční a cílové řady podobné a vyjadřují stejný větrný režim (blízké pozemní stanice, věrné výstupy z reanalýz), pak lze převzít i nekorigovanou růžici referenční řady. Naopak v případě velkých odlišností mezi větrnými růžicemi je nejmenší chybou použití původní větrné růžice cílové řady.

V rámci vlastních metod se ukazuje, že rozdíl mezi Metodou 1 a Metodou 2 je při aplikaci obou korekcí (tedy při seřazení rychlostí větru i korekci rychlostí) a při volbě přiměřeného počtu základních kategorií ve většině případů jen malý. Určitou výjimkou je simulace větrné růžice, kde Metoda 2 dává v některých ohledech lepší výsledky.

Podstatnější jsou rozdíly vyplývající ze způsobu rozdělení dat do kategorií. Společný oběma metodám je způsob slučování základních kategorií, kdy jsou nejprve slučovány sousední kategorie rychlosti větru a teprve, když v celém rozsahu rychlostí větru nad limitní rychlostí

není alespoň minimální počet dat, dochází ke slučování kategorií definovaných jinými kritérii. Při podrobnějším členění podle ostatních kritérií (podle směru větru, denní doby či sezóny) nebo při vyšším minimálním počtu dat tak použité sloučené kategorie zahrnují větší rozsah rychlostí větru než u méně rozčleněných dat.

Hrubší členění podle rychlostí větru ovšem potlačuje základní výhodu obou metod. Tou je vzájemné přiřazování termínů trénovacího a doplňovaného období tak, aby rychlost větru na referenční řadě v použitém termínu trénovacího období přibližně odpovídala rychlosti větru na referenční řadě v doplňovaném termínu. Díky tomu mají navzájem přiřazované termíny statisticky podobné vlastnosti. Pokud je rozsah (referenčních) rychlostí větru uvnitř kategorie příliš velký, pak může být například doplňovanému termínu s vysokou rychlostí větru přiřazen trénovací termín s rychlostí větru mnohem nižší. Při nižší rychlosti větru se však zvyšuje například rozptyl poměrů rychlostí větru na referenční a cílové řadě. To konkrétně u Metody 1 může vést k simulaci extrémnějších rychlostí větru a tedy i k celkovému zvýšení rozptylu rychlostí větru simulované řady. Vzhledem k tomu, že tento projev je asymetrický (snížení rozptylu v opačných případech je absolutně nižší), je u Metody 1 praktickým důsledkem zvýšení průměrné hustoty výkonu simulované řady, případně i zvýšení průměrné rychlosti větru.

Výsledky porovnání naznačují, že právě tato skutečnost má u Metody 1 z testovaných okolností největší vliv na přesnost výsledků. Varianty, které uvažují velký počet kategorií (mimo rychlosti větru) či vysoký minimální počet dat v kategorii, dávají obvykle horší výsledky, a to zvláště z hlediska simulace hustoty výkonu větru.

Celkově lze říci, že při použití "rozumného" počtu kategorií mimo rychlosti větru (při ročním měření cca do 100 kategorií) a nízkého minimálního počtu dat (při hodinovém intervalu měření cca do 12 termínů) záleží volba nejvhodnějšího rozdělení do kategorií na vlastnostech větroměrných dat a cílech simulace. Rozdíly zde obvykle nejsou velké a obecně nelze říci, která varianta je lepší. Například zahrnutí denního či ročního chodu při členění do 36 směrových sektorů může v Metodě 1 zhoršovat výsledky simulace hustoty výkonu, na druhou stranu však vede k lepší simulaci termínových hodnot. Hrubé členění na 12 sektorů celkově vede k lepším výsledkům z hlediska simulace průměrné hustoty výkonu, v řadě jiných ohledů však převažují výhody podrobnějšího 36-směrného členění. Teprve extrémní varianty, jako například použití 360 směrových sektorů či zahrnutí denního a ročního chodu při 36 směrech větru a minimálním počtu 48 termínů v kategorii, dosahují jednoznačně špatných výsledků. V případě Metody 2 bylo testováno méně variant než v Metodě 1, celkově se však jeví, že její výsledky jsou na volbu vyššího počtu kategorií méně citlivé.

Použité dynamické vymezení základního členění rychlostních kategorií se jeví jako přibližně rozumné. Mírnou výhodou zřejmě může být detailnější základní členění rychlostních kategorií (to zlepšuje simulaci rychlosti větru) a mírné snížení rozsahu sloučené nejnižší rychlostní kategorie (zlepšuje simulaci směru větru).

Obě použité korekce, tedy korekce rychlostí větru podle podílů průměrných rychlostí v kategorii a předběžné seřazení trénovacích a doplňovaných dat, byly vytvořeny právě za účelem potlačení chyb vyplývajících z příliš velkého rozsahu a nedokonalého vymezení sloučených kategorií. Výsledky naznačují, že větší roli hrají tyto korekce v případech vyššího

počtu směrových kategorií, což by bylo s tímto záměrem v souladu. Složitější kombinace pro potvrzení této hypotézy nebyly spočteny.

Z hlediska dlouhodobých charakteristik souvisejících s rychlostí větru (průměrná rychlost větru, hustota výkonu a tvar četnostního rozdělení) se ukazuje především pozitivní vliv korekce rychlostí větru u Metody 2. Tato korekce ve skutečnosti reprezentuje rozdíl mezi Metodou 2 a metodami podle [Salmon & Walmsley \(1999\)](#) či [García-Rojo \(2004\)](#). Jejím smyslem je odstranit nepřesnost vyplývající z toho, že uvnitř jednotlivých kategorií mohou být (cílové) rychlosti větru v doplňovaném a trénovacím období odlišné. Zlepšení proti "nekorigovanému" přístupu je patrné zejména z hlediska tvaru četnostního rozdělení a hustoty výkonu, kde se RMSE snižuje cca o 10 %.

U Metody 1 dochází bez aplikace korekcí především k systematickému nárůstu hustoty výkonu větru (v malé míře i průměrné rychlosti větru). Podstatnější je zde význam seřazení dat než korekce průměrných rychlostí. To je v souladu s očekáváním, neboť hlavním důvodem k seřazenému doplnění bylo právě snížení této chyby, způsobené vzájemným přiřazováním termínů s různými rychlostmi větru na referenční řadě, a tedy s odlišnými statistickými vlastnostmi (viz vysvětlení v 5. odstavci této kapitoly). Tato heuristická korekce ovšem nedokáže zmíněné rozdíly eliminovat zcela. Zbytková chyba se projevuje především v případech s příliš velkým rozsahem rychlostí větru uvnitř sloučených kategorií, jak bylo diskutováno výše.

Seřazení dat má pochopitelně též pozitivní vliv na simulaci termínových hodnot. V tomto ohledu jsou však obecně přesnější jiné typy metod (například Lineární regrese).

4. Větrné podmínky na území ČR

Text podkapitol 4.1.3 až 4.5 včetně použitých obrázků byl s mírnými úpravami převážně převzat z článků (Hanslian et al., 2012, Hanslian et al., 2014) a v menší míře ze článku (Hanslian et al., 2013a). U všech těchto článků jsem prvním autorem a současně jsem autorem použitého textu (se zahrnutím připomínek spoluautorů, Josefa Štekla a recenzenta Jiřího Hostýnka).

Realizace větrné mapy ČR je společným dílem mým a mých kolegů, především Jiřího Hoška, s přispěním Jaroslava Svobody (model PIAP), Zuzany Chládkové, Lukáše Popa a Josefa Štekla. Mým podílem jsou především vymyšlení koncepce větrné mapy, činnosti spojené se zpracováním větroměrných dat, s výběrem použitých stanic a jejich aplikací do modelu WAsP, a dále ladění parametrů modelového výpočtu a verifikace modelových výsledků. Samotný modelový výpočet po technické stránce vymyslel a provedl Jiří Hošek. Jiří Hošek taktéž připravil vstupní geografická data a vyhotovil grafické výstupy z těchto modelů. Dále nejsem autorem žádného z použitých primárních modelů VAS, WAsP ani PIAP. Kombinace modelů VAS a WAsP do hybridního modelu VAS/WAsP je z hlediska původní myšlenky i její realizace společným dílem mým a mého kolegy Jiřího Hoška.

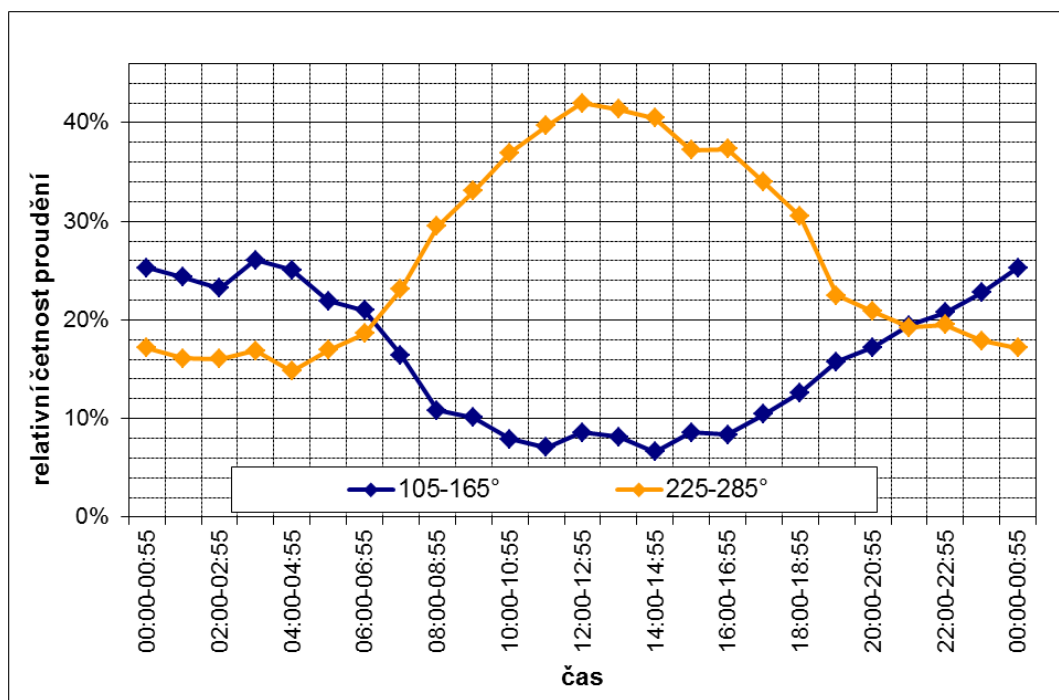
4.1 Dosavadní studie větrných podmínek na území ČR

4.1.1 Všeobecné studie větrných podmínek ČR (Československa)

V průběhu posledních cca 100 až 150 let byla zpracována řada studií zabývajících se větrnými podmínkami na území České republiky. První takto zaměřené práce vznikaly již v první polovině 20. století (a nemohu vyloučit, že i dříve), například v rámci díla tehdejších klimatologů Hanzlíka, Hrudičky či Gregora, případně rakouských autorů. Tato první díla se mi při zběžném průzkumu převážně nalézt nepodařilo, s výjimkou studie Defanta (1924). Ta je zaměřená na analýzu větrných podmínek na území (v době její publikace již bývalého) Rakouska-Uherska. Práce vychází z pozorování větru v Beaufortových stupních v síti 372 stanic za převážně 10-leté období v době okolo přelomu 19. a 20. století. Vedle statistického zpracování naměřených dat se autor zabýval též interpretací zjištěných podmínek. Autor upozorňoval například na existenci pravidelných horských a údolních větru v horských oblastech nebo na oblast zesíleného proudění v oblasti "Moravského pole" mezi Alpami a Karpaty. Součástí studie je i mapová příloha zobrazující četnosti "nízkých", "středních" a "vysokých" rychlostí větru, směry a rychlosti průměrného vektoru větru, "stabilitu" tohoto vektoru, a také (velmi schematicky) průměrnou rychlost větru. Vše odděleně pro měsíce leden a červenec.

V době po 2. světové válce je známým klimatologickým dílem, které obsahuje i zpracování větrných podmínek na našem území, Atlas podnebí ČSSR (Kolektiv autorů, 1958). Tento atlas se nicméně omezuje pouze na znázornění osmisměrných větrných růžic pro vybrané meteorologické stanice s rozlišením nízkých (1 stupeň Beauforta), středních (2 až 4 stupeň) a vysokých (5 stupeň a více) rychlostí větru, samostatně pro zimu, léto a celý rok.

Asi nejdůkladnějším pokusem o interpretaci a hlubší zobecnění poznatků o větrných podmínkách na území ČR, který se mi podařilo dohledat, je kapitola týkající se větru v práci Podnebí ČSSR, souborná studie (Petrovič et al., 1969). Studie kromě jiného upozorňuje na význam místních vlivů a snaží se o vymezení hlavních zákonitostí denního a ročního chodu větru na území Československa. Vedle všeobecně známých okolností, jako jsou celkově vyšší rychlosti větru v chladné části roku oproti teplému období, upozorňuje například na relativně vyšší výskyt jižních a východních směrů větru v zimě proti relativní tendenci k severnímu a západnímu proudění v létě, přičemž na nejvíce exponovaných stanicích je tento trend relativně méně významný než jinde. Denní chod větru (uplatňuje se především při povětrnostních situacích s nízkými tlakovými gradienty a vyšší intenzitou radiačních procesů) se projevuje mimo jiné zvýšeným promícháváním vzduchu v (od)poledních hodinách. To vede k relativnímu zvýšení rychlostí větru v nižších polohách a k jejich snížení na horských stanicích v této denní době. Studie taktéž identifikuje tendenci ke stáčení větru "za Sluncem", kdy ráno lze očekávat spíše jihovýchodní směry větru a odpoledne spíše proudění ze západu. Takový chod směru větru lze skutečně na řadě lokalit pozorovat (obr. 4.1).



Obr. 4.1 Četnost proudění z jihovýchodního a ze západního až jihozápadního směru v měsících březen až září (za dobu jedné sezóny) v lokalitě na východním úbočí Orlických hor. V nočních hodinách značně roste četnost jihovýchodních směrů, ve dne však hraje rozhodující roli proudění ze západu až jihozápadu.

V dohledaných pracích pro území ČR byla snaha o charakteristiku a zobecnění větrných podmínek z míst měření na širší území reprezentována zejména pokusy o analýzu převládajících směrů větru a o vymezení oblastí s podobnými větrnými podmínkami. Jde například o práce Calábka (1961), který popisuje metodu výpočtu převládajícího směru větru a zároveň ji aplikuje na moravské stanice, a Stuchlíka & Křivánkové (1966), kteří pak vymezují oblasti s typickými převládajícími směry větru. Při pohledu na vymezené oblasti je ale ze současného pohledu zřejmé, že toto vymezení je dosti zjednodušené a poplatné použitému

výběru meteorologických stanic. To je principiální problém, který postihuje i pozdější pokusy o rozdělení našeho území na regiony podle větrných podmínek. Těmi jsou zejména studie [Sobíška \(1969, 1982, 1992, 1995, 2000\)](#), který vymezuje charakteristické oblasti mírnou modifikací "klimaticky přirozených oblastí" sestavených [Brádkou et al. \(1961\)](#). Toto vymezení následně autorovi slouží k popisu větrných podmínek na našem území a k hodnocení reprezentativnosti větroměrných stanic.

V kontrastu k pracím nalezených pro území ČR lze uvést studii [Otruby \(1964\)](#), která se týká větrných poměrů Slovenska. V tomto případě jde o skutečně komplexní studii, kde se autor na základě údajů získaných měření větru v síti větroměrných stanic snaží identifikovat hlavní zákonitosti větrných podmínek na území našeho východního souseda. Podobně do hloubky provedený rozbor větrných podmínek se mi pro území České republiky nalézt nepodařilo.

Z období 70. a 80. let jsem žádné významnější studie zabývající se obecně větrnými podmínkami na území ČR nenalezl. Vedle již zmíněné práce [Sobíška \(1982\)](#), zaměřené spíše na metody hodnocení reprezentativnosti stanic, lze zmínit studie ([Červený et al., 1984](#) a [Brázdil & Štekl, 1986](#)). Ty se však omezují spíše na citace starších zdrojů či studium konkrétního vybraného fenoménu.

Větší zájem o celkové hodnocení větrných podmínek lze sledovat po roce 1989. Jde jednak o práci [Křivancové & Vavrušky \(1997\)](#), která podává statistické zhodnocení větrných podmínek (větrné růžice, převládající směry větru i průměrné rychlosti) v období 1961 – 1990 pro jednotlivé povětrnostní situace dle "Brádkovy" klasifikace. Dále je možno zmínit publikace [Štekla & Čermáka \(1995\)](#) a [Štekla et al. \(1997\)](#), které se v odpovědi na vzrůstající zájem o využití energie větru snaží o popis některých zákonitostí větrných podmínek na našem území.

Soubornou prací, zaměřenou výhradně na větrné podmínky v České republice, je studie [Sobíška \(2000\)](#). Autor mimo jiné vysvětluje, že přízemní vítr na území ČR je výslednicí tří složek: *barické*, která závisí na rozložení tlakových útvarů synoptického měřítka, *termické*, která závisí na různé tepelné bilanci a radiační bilanci zemského povrchu na různých místech a *terénní*, kdy se jedná o vliv topografických faktorů různých měřítek. Poznává přitom, že "makroměřítkový vliv vyvolává snížení terénu mezi Alpami a Karpaty, které při proudění v meridionálních směrech (zejména od jihu) výrazně působí na proudění v oblasti Českomoravské vrchoviny v důsledku "dýzového efektu". Ostatní terénní tvary v ČR ovlivňují proudění na menších územních celcích a jejich vliv značně závisí na směru proudění." Jinak se ovšem i tato studie soustředí spíše na formální popis větrných podmínek podle měření na jednotlivých stanicích a odvozených indexů než na interpretaci získaných dat. Práce obsahuje velké množství výsledků pro všechny větroměrné stanice na našem území za období 1961 – 1990. Zahrnuty jsou i stanice klimatologické, zpracována jsou proto pouze data ze tří klimatologických termínů v 7, 14 a 21 h místního času. Studie prezentuje mimo jiné průměrné rychlosti větru na jednotlivých stanicích, jejich trendy a stručný rozbor denního chodu rychlosti větru. Interpretaci trendů v naměřených datech však osobně považuji za problematickou, neboť tyto mohou být spíše výsledkem nehomogenity naměřených dat než projevů přirozené variability větrného klimatu.

Zatím poslední všeobecnou větrně klimatologickou studií pro naše území je zpracování větru v rámci Atlasu podnebí Česka ([Tolasz et al., 2007](#)). Zde je prezentována mapa průměrných rychlostí větru ve výšce 10 m pro celý rok a pro jednotlivá roční období, a dále

četnostní rozdělení rychlostí větru a větrné růžice pro vybrané stanice. V souvisejícím komentáři jsou dobře popsány metody měření větru ve zpracovaném období 1961 – 2000 a způsob výběru použitých stanic s velkým důrazem na jejich kvalitu a umístění. I zde jsou uvažovány též stanice klimatologické a vychází se tedy opět z měření ve třech klimatologických termínech. Komentář obsahuje i stručný popis základních zákonitostí naměřených větrných podmínek.

4.1.2 Studie zaměřené na konkrétní lokalitu, region či fenomén

Vedle výše zmíněných prací týkajících se celého území lze nalézt řadu studií zaměřených na konkrétní lokalitu či konkrétní větrný fenomén.

Největší skupinu nalezených studií tvoří práce zaměřené na vyhodnocení větrných poměrů určité lokality. Tyto práce se ale často omezují na statistické zpracování naměřených dat, bez kritické diskuze jejich kvality, interpretace naměřených výsledků či snahy o zobecnění získaných poznatků (Coufal L. (1963), Lednický et al. (1971), Procházka J. (1975), Kuřina P. (1996 a 2001), Šimek M. (2000)).

Menší skupinu tvoří studie, jejichž autoři se snaží též o analýzu vlivu okolní topografie na naměřené větrné podmínky. Předmětem výrazného zájmu byla v minulosti Milešovka, kde Rein (1957) vysvětluje vysokou četnost a průměrnou rychlost západního a severozápadního směru větru "přepadáním" proudění přes hřeben Krušných hor. Zvýšenou četnost proudění ze západu-jihozápadu, tedy paralelně s hřebenem Krušných hor, kterou lze sledovat například na obr. 3.9, autor nezmiňuje. Za zmínku stojí i Reinova starší práce (Rein & Satrapa, 1955), kde autoři porovnávají měřený vítr s větrem geostrofickým a dovozují, že "podrobné vyšetřování ageostrofické složky v topografických poměrech našeho státu by vedlo k podrobnějšímu objasnění vlivu terénních překážek na vývoj atmosférických dějů", s čímž se ztotožňují. Při výčtu prací týkajících se Milešovky nelze opomenout též monografii Brázdila et al. (1999), kde je vítr, jakožto veličina, kterou je Milešovka skutečně výjimečná, analyzován poměrně důkladně. Mimo jiné je zde věnována pozornost zvýšené četnosti a průměrné rychlosti větru ze západu-jihozápadního směru, což je vysvětlováno vznikem dynamicky podmíněné závětrné brázdy nižšího tlaku za hřebenem Krušných hor při přetékání vzduchu přes horskou překážku.

Diskuzi vlivu okolního terénu na naměřená data na základě porovnání geostrofického a měřeného přízemního větru provedl taktéž Novák (1985) pro stanici Ústí nad Orlicí. Zvýšenou četnost západního a severovýchodního větru přikládá na vrub orientaci údolí Tiché Orlice, což však zejména v západním směru dle mého názoru vzhledem k úzkému a klikatému charakteru tohoto údolí není reálné. Do podobné skupiny lze zařadit práci vztaženou ke stanici Lomnický štít na Slovensku (Ílko, 1985), kde autor porovnává měření větru na horském vrcholu s aerologickým měřením větru v nedalekém Popradu. Zmínit lze též bakalářskou práci Fuksové (2012), která se snaží o interpretaci naměřených větrných podmínek na několika stanicích v okolí Brna.

Další studie se věnují konkrétním větrným fenoménům. Kontrastně k celkově převládajícímu západnímu přenosu vzduchu lze nad naším územím zaznamenat občasný výskyt specifického zesilování jižního a jihovýchodního proudění. K němu dochází v pásu území táhnoucím se od jižní Moravy přes Českomoravskou vrchovinu a východní Čechy až po severní

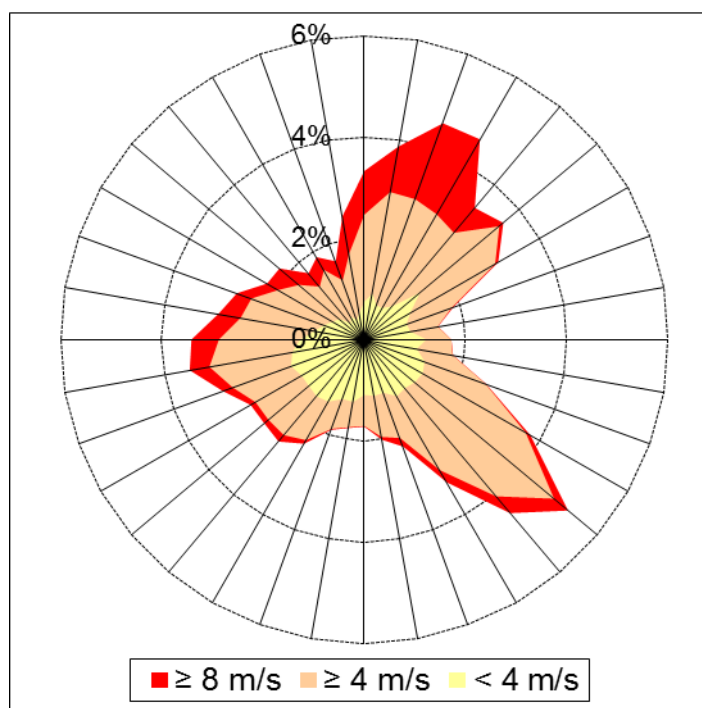
pohraničí Čech při povětrnostních situacích s výraznou jižní, případně i východní složkou geostrofického větru. Za příčinu je považována deformace tlakového pole při obtékání Alp a nucené zesílení větru při protékání vzduchu zúženým průřezem v bráně mezi výběžky Alp a Karpat (Defant, 1923). Jak upozorňoval Gregor (1957), pro jihovýchodní proudění je utváření terénu ještě příznivější než pro proudění severozápadní, protože hory tvoří od jihu nálevkový útvar, na jehož vstupu je rozsáhlá Panonská nížina. "Při jihovýchodním proudění vniká proto do zúženého prostoru mezi horami mnohem více vzduchu, než při proudění opačném." (Gregor, 1957). Dále pak poznamenává, že "zesílení podobající se miniaturnímu jet-streamu, je největší ... přibližně v hladině 850 hPa." Štekl et al. (1997), resp. Brázdil & Štekl (1986) k tomu dodávají, že relativní zesílení tohoto proudění i v prostoru dále po větru od samotného zúžení je umocněno převážně stabilním zvrstvením vzduchu v těchto povětrnostních situacích, které podporuje vznik tryskového (dýzového) efektu při přetékání horských oblastí a vysočin.

Obtékání horských celků se uplatňuje i v menším měřítku než v rámci Alpské a Karpatské horské soustavy. Například analýza Červeného et al. (1984) ukazuje, jak je proudění vzduchu v okolí horského celku Krkonoš a Jizerských hor zásadně ovlivněno těmito pohořími.

V souvislosti se situacemi vyznačujícími se jižní složkou větru bývá často diskutována (ne)existence (orografického) *fěnu* nad naším územím. V tomto ohledu dlouhodobě existuje polemika, za jakých podmínek je možno označit vítr označovat tímto termínem. Lze se setkat s názory, že existence fěnu je vázána na vypadávání srážek na návětrné straně pohoří (což definici značně zužuje), potíž s tímto chápáním fěnu některými rakouskými odborníky zmiňoval například již Gregor (1953). Podle moderního pochopení je však existence fěnu dána dynamikou proudění na závětrné straně překážky a jeho vznik je vázán výhradně na rozložení tlakového pole a topografii pohoří (Seibert, 1990, Speirs et al., 2010). Podle výkladu slovníku Americké meteorologické společnosti (glossary.ametsoc.org) dokonce není podmínkou ani teplý charakter natékajícího proudění a fénový charakter může mít například i vítr typu bóra. Z moderních poznatků tedy vyplývá, že vznik teplého padavého proudění na závětrné straně pohoří, obecně nazývaného jako fén, není existencí srážek na jeho návětrné straně nijak podmíněn. Lze proto dát za pravdu například dávným pracím Hambálka (1950) či Gregora (1953), kteří dokumentovali výskyt jižního či jihovýchodního fěnu na závětrné straně Beskyd a Bílých Karpat a jeho nemalý význam pro lokální klimatické podmínky.

Příbuzným fenoménem je výskyt padavých větrů typu *bóra*, podmíněných gravitačním urychlením studeného proudění sestupujícího po ukloněném terénu. Tento typ větru může nabývat dosti extrémních rychlostí, jak i ve středoevropském prostoru ukázala tzv. tatranská vichřice v listopadu 2004. Na našem území, zejména v jeho východní části, se však lze setkat spíše s mírnější podobou tohoto fenoménu, který bývá někdy označován jako místní vítr *polák*: "Jedná se o studený padavý vítr, vyskytující se na české straně Orlických hor a Jeseníků při vpádech studeného vzduchu od severozápadu nebo severu. Vyskytuje se nejčastěji na jaře, na začátku podzimu a v zimě. Zvláště zesiluje v Moravské bráně v důsledku proudění zúženým profilem." (ČMeS, 2014).

Dle vlastních poznatků vyplývajících z měření větru v síti meteorologických stanic a na dočasných stožárech mohu dodat, že výskyt tohoto větru lze identifikovat též v prostoru Vyškovské brázd, Dolnomoravského úvalu a v jižním podhůří Středomoravských Karpat (obr. 4.2).



Obr. 4.2 Větrná růžice v lokalitě na jižním úbočí Středomoravských Karpat na jihovýchodní Moravě za období cca 1 rok. Lze identifikovat tři podobně významné převládající směry proudění. Severovýchodní maximum zřejmě odpovídá výskytem větru nazývaného v severněji položených regionech jako "polák", který je zde zesílen sestupem studeného vzduchu po úbočí nevysokých Středomoravských Karpat. Dále lze sledovat výrazně zvýšenou četnost proudění z jihovýchodu, typickou (nejen) pro celou oblast jižní Moravy. Všeobecně převládající proudění ze západních směrů tvoří třetí, ve srovnání s lokalitami v Čechách málo výrazné, maximum.

Gravitační efekt však může být spojen i se subtilnějšími fenomény. Jde například o stékání radiačně ochlazeného studeného vzduchu během chladné části denního cyklu po svazích či po dně údolí. V rámci mohutnějších pohoří se hovoří o tzv. *horském větru*, který proudí z horských údolí do okolní krajiny. Opačným fenoménem je *vítr svahový*, resp. anabatický, který naopak v denních hodinách vane vzhůru po horských svazích či údolích. Pokud je mi známo, tak tyto typy proudění nebyly v rámci českého území podrobněji analyzovány, zmínit lze tedy spíše studie zpracované v rámci tehdejšího Československa pro Slovensko. [Holý \(1984\)](#) dokumentoval výskyt místní cirkulace v centrální části Nízkých Tater, [Chmelík \(1988 a,b\)](#) pak na základě aerologických měření v prostoru Popradské kotliny.

Vedle prací zabývajících se přízemními měřeními větru lze v české literatuře nalézt i několik studií vertikálního profilu větru. Ty prezentují výsledky sodarových měření ([Čermák et al. \(2002\)](#), [Volná & Černíkovský \(2005\)](#), [Svoboda \(2005\)](#), [Hošek \(2006\)](#)), aerologických měření v Praze-Libuši ([Černíkovský \(1988\)](#), [Chmelík \(1988b\)](#), [Štekl et al. \(1996\)](#)) či stožárových měření větru v Kopistech ([Pretel, 1976](#)) a v Dukovanech ([Voják, 2008](#)). Podrobněji se vertikálním profilem větru v přízemní vrstvě atmosféry zabývali [Pretel \(1976\)](#) a [Štekl & Hošek \(2006\)](#).

Zkoumán byl taktéž vztah mezi větrnými podmínkami daného místa a jeho nadmořskou výškou. Na předpokladu nárůstu průměrné rychlosti větru s nadmořskou výškou je založen

model VAS ([kapitola 4.2.1](#)). Zmínit lze ovšem také článek [Hrdé & Sobíška \(1993\)](#), kteří pro (regionálně) reprezentativní stanice dokumentovali zřetelný vztah mezi nadmořskou výškou meteorologických stanic a úhlem stočení vektoru větru. [Štekl et al. \(1996\)](#) analyzovali profil větru do výšky 1500 m podle aerologické sondáže v Praze-Libuši a diskutovali odlišnosti denního a ročního chodu větru ve volné atmosféře a na stanicích v různých nadmořských výškách.

Závislost průměrné rychlosti větru na nadmořské výšce však není zdaleka jednoduchá. Jak upozornil [Sládek \(2001\)](#), například větrnost Krušných hor je zřetelně vyšší ve srovnání s vyšším a mohutnějším horským celkem Šumavy. Tento rozdíl autor vysvětluje příznivějším tvarem a orientací pohoří Krušné hory vůči převládajícímu proudění vzduchu, relativně vyššími rychlostmi nenarušeného proudění na severu našeho území a vyšší lesnatostí Šumavy.

Pro zajímavost lze zmínit též několik dalších česky psaných prací. Jde například o analýzu rychlostí větru v oblasti atmosférických front ([Štekl & Hošek, 2001b](#)), kde autoři nijak překvapivě zjišťují nadprůměrně vysoké rychlosti větru v době okolo přechodu front. Dále lze zmínit zajímavou analýzu větrnosti míst, jejichž název souvisí s větrem ([Štekl & Lhotková, 2002](#), [Štekl & Chládová, 2009b](#)), a míst historické výstavby větrných mlýnů ([Štekl & Chládová, 2009a](#)).

4.1.3 Zkoumání větrných podmínek ve vztahu k větrné energetice, vývoj větrných map

Mezi významné oblasti praktického uplatnění poznatků o větrných podmínkách patří větrná energetika. V této souvislosti lze v české literatuře nalézt zmínky již v pracích [Rychetníka \(1982\)](#) a [Červeného et al. \(1984\)](#). V praxi začala být tato problematika ve větší míře studována v souvislosti s aktivitami někdejšího ředitele Ústavu fyziky atmosféry AV ČR a zakladatele České společnosti pro větrnou energii, RNDr. Josefa Štekla. Jedním z produktů této činnosti byla i tvorba tzv. větrných map, znázorňujících dlouhodobé průměrné rychlosti větru v určité výšce nad zemským povrchem. Výsledkem byla celá série "větrných map", konstruovaných podle různých postupů, z nichž každá další měla za cíl poučit se ze zkušeností a metodického přístupu té předchozí. Takto postupně docházelo ke zlepšování představy o větrných podmínkách nad naším územím.

Vznik první větrné mapy ČR souvisí s počátečním zájmem o větrnou energii a výstavbou prvních větrných elektráren na našem území v první polovině 90. let ([obr. 4.3](#)). Konkrétním iniciátorem byla snaha Energetické agentury ČR o určení zásob větrné energie na území České republiky ([Štekl et al., 1993](#)). Pro velkou část Evropy v té době vznikl známý "European Wind Atlas" ([Troen & Petersen, 1989](#)), založený na zobecnění větroměrných dat ze standardních meteorologických stanic. Ke zhodnocení větrných poměrů členitého území České republiky se však tento způsob nejevil jako vhodný, a pro výpočet první větrné mapy proto byla využita metoda VAS (viz [kapitolu 4.2.1](#)).



Obr. 4.3 Jedna z posledních "historických" větrných elektráren z počátku 90. let. Jde o elektrárnu EWT-315 o výšce a průměru rotoru okolo 30 m a výkonu 315 kW, která byla vyrobena jako prototyp českou firmou ENERGOVARs. Původním účelem se jednalo o experimentální větrnou elektrárnu Ústavu fyziky atmosféry na Dlouhé Louce v Krušných horách. Po několika letech občasného provozu byla prodána a přemístěna na Neklid u Božího Daru, kde donedávna přесlужovala vedle svých mladších a elegantnějších sousedek.

Po roce 1994 zasahuje větrnou energetiku v České republice naprostý útlum charakterizovaný nezájmem státní správy a krachem většiny záměrů na provozování i výrobu větrných elektráren. Teprve po přelomu století dochází k rehabilitaci oboru. V té době byla metodou VAS zpracována druhá větrná mapa. Současně začíná být v České republice používán model WAsP (viz [kapitolu 4.2.2](#)), určený specificky pro potřeby větrné energetiky.

Klíčovou schopností modelu WAsP je kvantifikace a odstranění lokálních vlivů a výpočet zobecněných regionálně reprezentativních větrných poměrů. Ukázalo se, že této schopnosti lze s výhodou využít právě v kombinaci s interpolační metodou VAS. Na základě této úvahy byl vytvořen model VAS/WAsP (viz [kapitolu 4.2.3](#)), jehož první realizace byla uskutečněna v roce 2004 (Štekl et al., 2004a). Paralelně s výsledky modelu VAS/WAsP byl proveden - poprvé pro celé území České republiky - i výpočet modelem PIAP (viz [kapitolu 4.2.4](#)).

Dosud poslední větrná mapa (viz [kapitoly 4.3 až 4.5](#)) byla vytvořena v roce 2007 v rámci analýzy technického a realizovatelného potenciálu větrné energie v ČR (Hanslian et al., 2007, Hanslian et al., 2008, Hanslian & Pop, 2008, Hanslian, 2011). Na rozdíl od dosavadních větrných map, které byly počítány pro výšku 10 m nad zemí, byla nová mapa primárně

vztažena k výšce 100 m nad zemí, odpovídající výšce osy rotoru současných větrných elektráren. Vedle "větrného mapování" na Ústavu fyziky atmosféry nelze opomenout také větrnou mapu publikovanou v Atlase podnebí Česka (Tolasz et al., 2007), která byla vytvořena na ČHMÚ na základě interpolačního postupu.

Jednotlivým výpočetním přístupům k simulaci větrných podmínek používaným na Ústavu fyziky atmosféry i samotné realizaci zejména dosud poslední větrné mapy ČR se budou věnovat následující kapitoly.

4.2 Modely použité pro výpočet větrné mapy ČR

4.2.1 Metoda VAS

Popis metody

Interpolační metoda VAS vyvinutá Zbyňkem Sokolem (Sokol, 1993, Sokol & Štekl, 1994, Štekl et al., 1995) je založena na využití husté sítě pozemních měření rychlosti a směru větru. Metoda nevyužívá fyzikálních závislostí proudění na orografii, drsnosti terénu apod., ale předpokládá, že tyto závislosti jsou již obsaženy v naměřených datech. Při použití metody se vychází z následujících předpokladů (Hanslian et al., 2007):

i) Naměřené hodnoty jsou reprezentativní pro okolí stanice, tj. zahrnují v sobě vliv drsnosti terénu a orografické případně další vlivy charakteristické pro širší okolí stanice.

ii) Drsnost a vliv orografie se mění spojitě v horizontální rovině i ve vertikálním směru.

iii) Hustota stanic je taková, že jejich okolí, pro která jsou měření reprezentativní, pokrývají celou oblast.

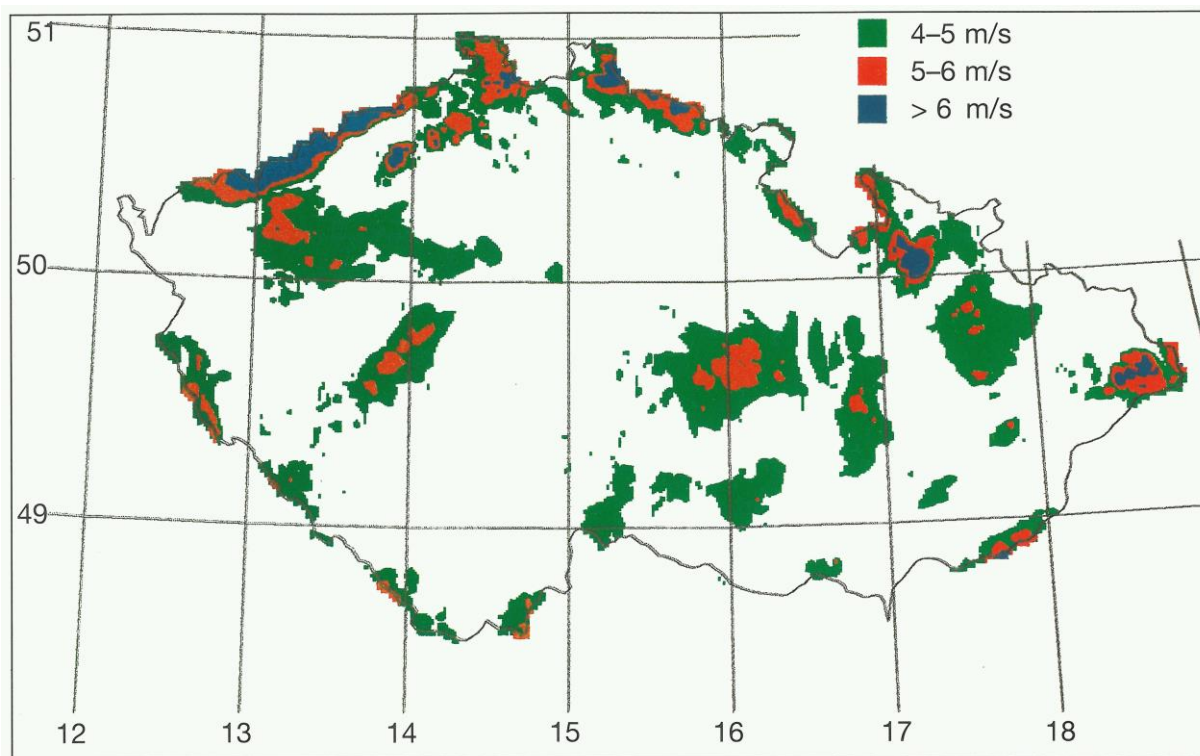
Použitá technika (Sokol & Štekl, 1994) se skládá ze tří etap:

i) Nejprve jsou v místech meteorologických stanic odhadnuty vertikální gradienty rychlosti větru. V prvních verzích byly gradienty určeny na základě měření nejbližší umístěné stanice s nadmořskou výškou lišící se alespoň o 70 m. Při použití v modelu VAS/WAsP byly použity všechny stanice s váhou odpovídající převrácené hodnotě kvadrátu jejich vzdálenosti.

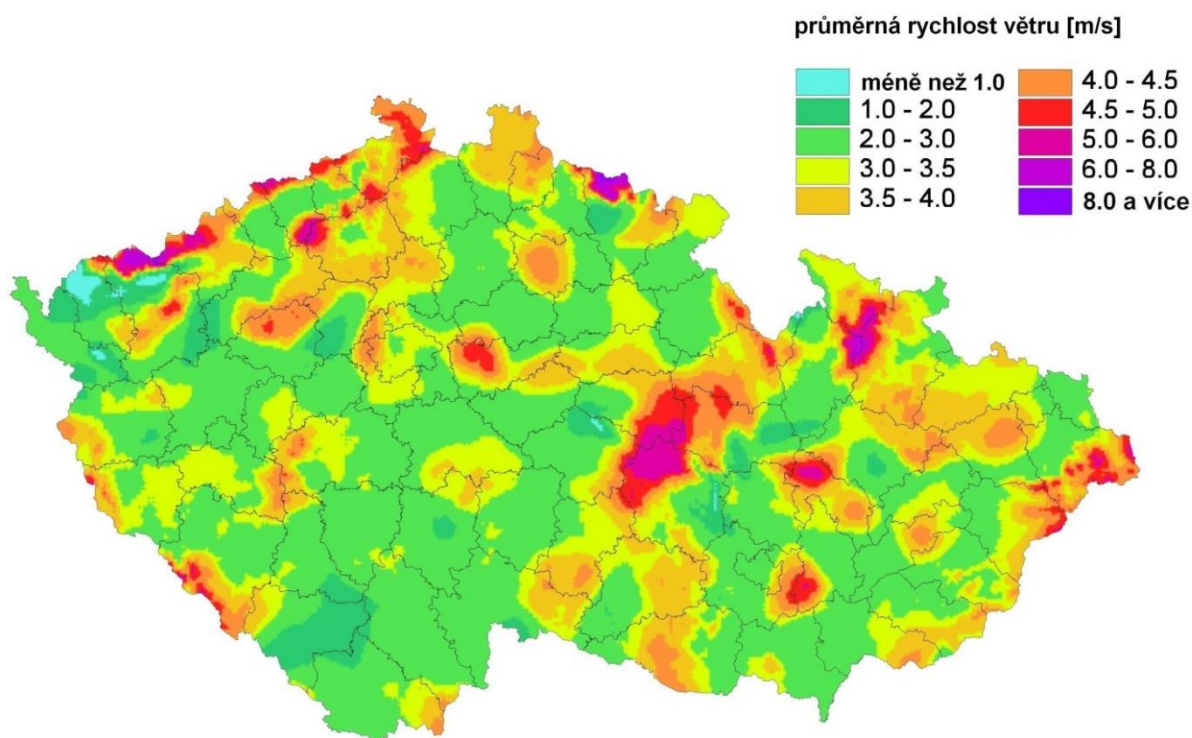
ii) Takto získané gradienty jsou lineárně interpolovány do uzlových bodů a měření na stanicích jsou pomocí získaného gradientu transformována na hladinu 300 m n. m.

iii) Transformované rychlosti větru jsou opět interpolovány do uzlových bodů. Tím jsou pro každý uzlový bod známy rychlost větru v nadmořské výšce 300 m a změna rychlosti větru s výškou (vertikální gradient).

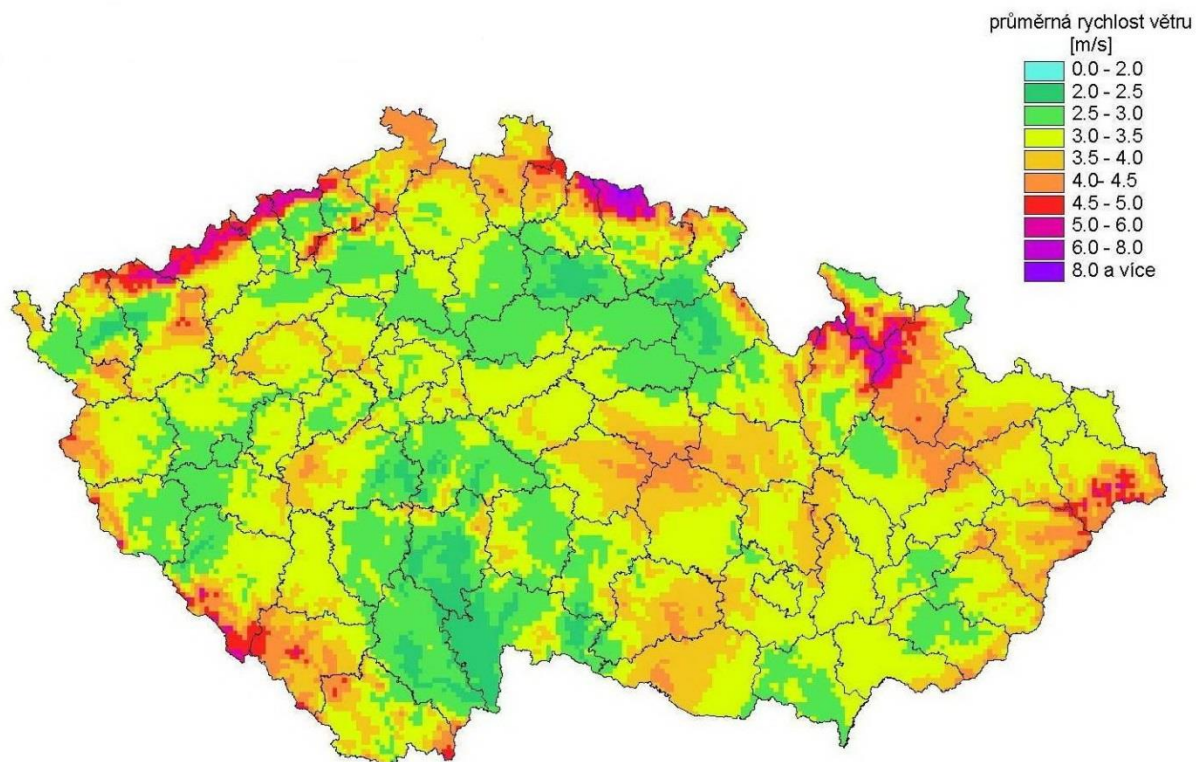
Z těchto veličin pak lze vypočítat průměrnou rychlost větru v libovolném místě.



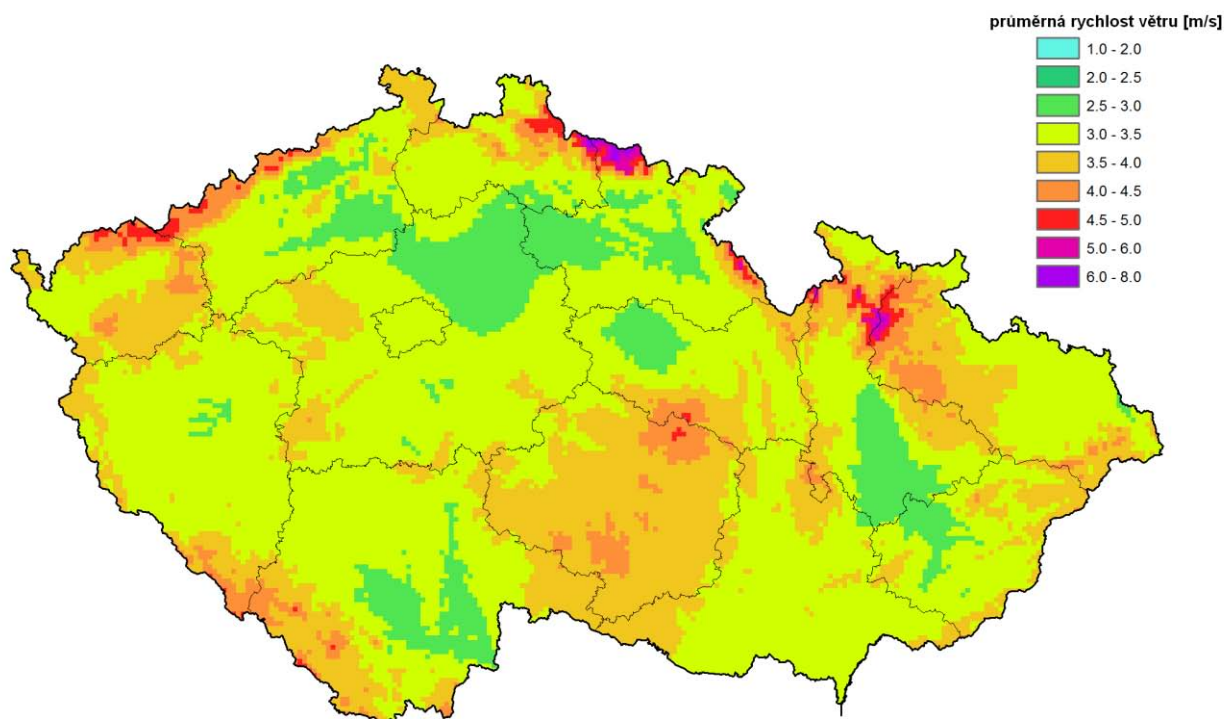
Obr. 4.4 Model VAS 1, první větrná mapa České republiky (vypočteno v roce 1993). Obrázek ukazuje průměrnou rychlost větru ve výšce 10 m nad povrchem. Zdroj: Štekl et al. (1997).



Obr. 4.5 Model VAS 2 (vypočteno v roce 2002). Obrázek ukazuje průměrnou rychlost větru ve výšce 10 m nad povrchem. Zdroj: Štekl et al. (2002).



Obr. 4.6 Výsledek interpolace metodou VAS v rámci modelu VAS/WAsP 1 pro parametr drsnosti 0,1 a výšku 10 m nad povrchem (vypočteno v roce 2004). Autor obrázku: Jiří Hošek



Obr. 4.7 Výsledek interpolace metodou VAS v rámci modelu VAS/WAsP 2 pro parametr drsnosti 0,1 a výšku 10 m nad povrchem (vypočteno v roce 2007). Autor obrázku: Jiří Hošek

Výhody a nevýhody metody

Metoda VAS je efektivním interpolačním prostředkem, který umožňuje zohlednit vliv nadmořské výšky na rychlost větru (či jiný interpolovaný meteorologický prvek), na druhou stranu ale neřeší fyzikální vztahy mezi vlastnostmi terénu a prouděním vzduchu. Při samostatném použití pro modelování průměrné rychlosti větru se předpokládá, že naměřené hodnoty na stanici jsou v rámci dané nadmořské výšky reprezentativní pro její široké okolí a jen plynule se mění směrem k okolním stanicím, což ve skutečnosti platí jen velmi přibližně. Vlivy konkrétních orografických tvarů či drsnosti terénu na větrné podmínky v místech měření a v cílových lokalitách (tj. v lokalitách, pro které jsou zjišťovány větrné podmínky) nejsou zohledněny. To může vést zejména v případě výraznější variability topografických podmínek ke značným chybám. Pro omezení těchto chyb byl v původní verzi aplikován alespoň jednoduchý model parametrizující lokální zesílení větru v cílových lokalitách situovaných na vrcholcích o určitém rozměru, taková jednoduchá korekce však zdaleka nedokáže postihnout komplexní variabilitu reálných podmínek.

Druhým limitem použití modelu VAS je potřeba velkého počtu reprezentativních stanic. To však může být problém, neboť počet reprezentativních a kvalitních stanic je omezený. Požadavek na reprezentativnost použitých stanic tak vede k redukcí jejich počtu, naopak při vyšším počtu použitých stanic spíše dochází k chybám souvisejícím s jejich kvalitou a reprezentativností.

Použití metody

Metoda VAS byla opakovaně použita k analýze větrných poměrů v České republice. Jednotlivé verze se liší především použitými měřeními větru – počtem použitých stanic, obdobím měření, mírou kritického přístupu k použitým datům a rozsahem a metodami případných korekcí naměřených dat.

Poprvé byla metoda VAS použita na počátku 90. let (Sokol & Štekl, 1995, Štekl et al., 1995). Bylo použito měření v síti meteorologických stanic za období 1989 – 1992, přičemž byly využity pouze ty stanice, které byly ve studii (Sobíšek, 1992) považovány za reprezentativní. Celkově bylo k dispozici 183 stanic, z čeho bylo 23 odebráno pro nereprezentativnost a zbývajících 160 stanic bylo použito pro výpočet. Rychlosti větru na použitých stanicích byly v opodstatněných případech subjektivně korigovány. Tato první větrná mapa, VAS 1 (obr. 4.4), byla poté dlouho používána k posuzování větrných poměrů lokalit pro větrnou energetiku.

Zajímavé srovnání poskytuje druhá větrná mapa, VAS 2 (Štekl et al., 2002), kde byla použita větrná data z co nejširšího spektra meteorologických stanic s údaji o větru v období 1961–1990 nebo jeho části (většina stanic pokrývala jen část tohoto období a byla na 30-letý normál prodloužena). Celkově byla k dispozici větrná data z 272 stanic, z nichž bylo použito přibližně 225. Subjektivní zásahy nebyly prováděny, pouze byly vyřazeny stanice, které byly objektivně vyhodnoceny jako nereprezentativní. Z obrázku 4.5 je zřejmé, že tento postup bez dostatečně kritického pohledu na použitá data nevede k dobrému výsledku a vypočtené rychlosti větru odrážejí zejména chyby a místní specifika konkrétních meteorologických stanic.

Strukturu "mastných ok" vysokých a nízkých rychlostí větru okolo jednotlivých stanic lze stěží jinak vysvětlit.

Získané poznatky byly využity při konstrukci hybridních modelů VAS/WAsP 1 a VAS/WAsP 2, popsanych níže. Protože výsledky druhého kroku modelů VAS/WAsP jsou analogií samostatných modelů VAS, lze idealizovaná pole větru prezentovaná na [obr. 4.6](#) a [4.7](#) považovat za následovníky prvních větrných map VAS 1 a VAS 2.

4.2.2 Model WAsP

Popis modelu

Model WAsP (Wind Atlas Analysis and Application Program, www.wasp.dk) byl vyvinut v Risø National Laboratory v dánském Roskilde jako nástroj k odhadu energie větru. Tím, že je zaměřen k určování nejvhodnějšího místa ke stavbě větrné elektrárny, respektive na hodnocení rentability její stavby v dané lokalitě, jsou ovlivněny některé jeho postupy (například způsob nahrazení empirických dat dvouparametrickým Weibullovým rozdělením).

V současné době existují dvě základní verze tohoto modelu: původní linearizovaný model WAsP (označovaný nyní jako IBZ model, [Troen & Petersen, 1989](#)) a nedávno (v roce 2013) zavedený model proudění WAsP CFD ([Bechmann & Sørensen, 2010](#), www.wasp.dk). V dalším textu bude uvažován výhradně původní linearizovaný model WAsP.

Postup určení větrného potenciálu cílové lokality modelem WAsP se skládá z několika kroků. Nutnými vstupy jsou řada měření rychlosti a směru větru na blízké meteorologické stanici nebo stožáru, popis okolní orografie vrstevnicemi a klasifikace území z hlediska drsnosti povrchu.

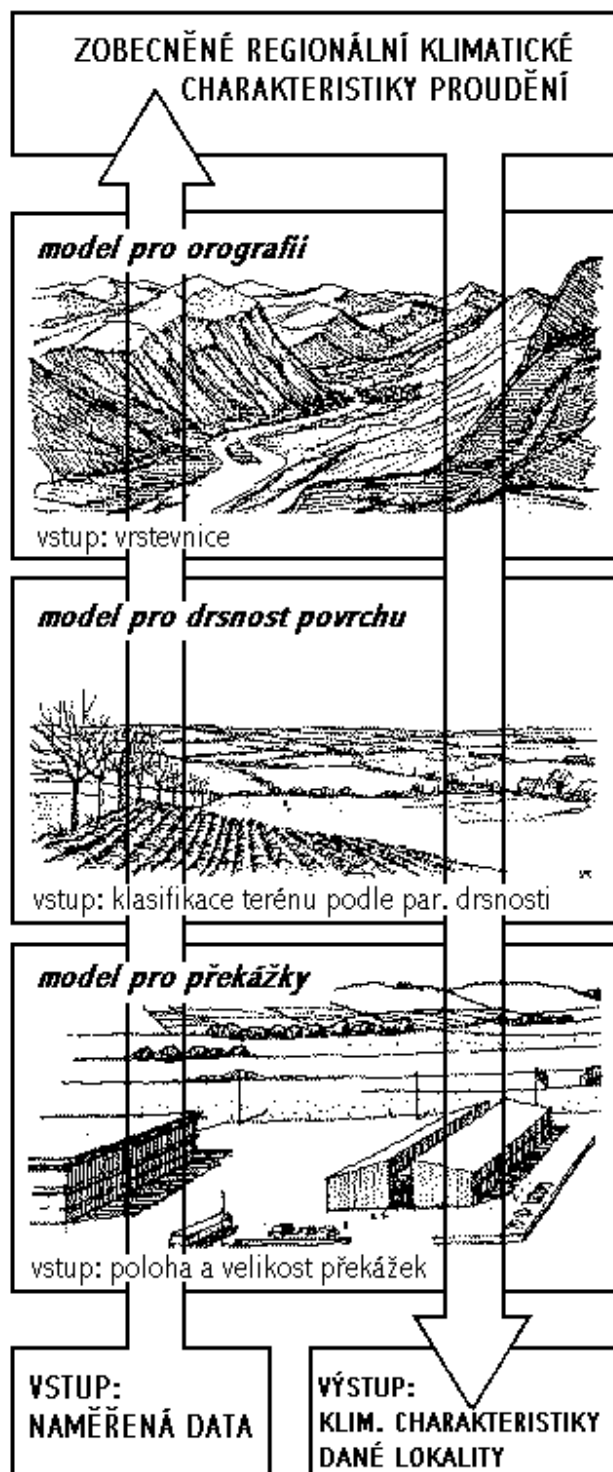
V prvním kroku jsou naměřená data zpracována do histogramů. Poté je vyhodnocena poloha meteorologické stanice a naměřená data jsou očištěna níže popsanými dílčími modely od vlivu drsnosti povrchu, jejích změn a orografie. Opravené histogramy jsou dále vertikálně posunuty do zvolených hladin, standardně 10, 20, 50, 100 a 200 m. Následně jsou odvozeny parametry (dvouparametrického) Weibullova rozdělení a model již dále pracuje jen s nimi.

Výsledek prvního kroku představují regionálně platné charakteristiky pro standardní podmínky (tj. nad plochým homogenním povrchem bez překážek), tzv. *zobecněné větrné klima* (dříve byl pro něj používán termín "větrný atlas" ("wind atlas")). Soubory popisující zobecněné větrné klima obsahují pro jednotlivé směrové sektory četnost větru, vanoucího z tohoto směru, a jeho parametry Weibullova rozdělení. To vše je v souborech uloženo pro různé výšky nad povrchem a po kategoriích drsnosti povrchu.

Zobecněné větrné klima je v druhém kroku použito k určení větrného klimatu v cílové lokalitě. Zde jsou opět aplikovány modely pro orografii a drsnost povrchu, případně i model překážek, avšak v opačném smyslu (viz [obr. 4.8](#)). Rozdílem oproti prvnímu kroku je fakt, že se nepoužívají histogramy, ale pracuje se přímo s parametry Weibullova rozdělení. Tímto způsobem lze s použitím popisu reliéfu a rozložení parametru drsnosti získat odhad podmínek panujících v jakémkoli bodě v okolí místa měření.

Simulace vlivu drsnosti povrchu na proudění v principu vychází z logaritmického vertikálního profilu větru a z předpokladu neutrálního teplotního zvrstvení, který je však opraven o odchylky způsobené stabilitou atmosféry (Troen & Petersen, 1989). V případě změny parametru drsnosti povrchu je počítána interní mezní vrstva, která vzniká v místě změny a šíří se po směru proudění. Uvnitř této vrstvy odpovídá vertikální profil rychlosti větru místní drsnosti povrchu, zatímco nad ní odpovídá drsnosti povrchu před místem změny.

K simulaci odchylek v proudění způsobených orografií je v programu WASP používán numerický model proudění využívající spektrálních metod. Jeden z největších rozdílů proti podobným modelům je linearizace pohybových rovnic a použití soustavy válcových souřadnic. Odchylky způsobené orografií jsou 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 méně přesným z důvodu zvětšujícího se kroku radiální sítě (Hanslian et al., 2007).



Do parametru drsnosti lze zahrnout jen společný efekt velkého množství překážek přibližně stejné velikosti rovnoměrně rozmístěných na povrchu Země. Lze tak popsat vodní plochu, souvislou vegetaci (les, louka) nebo homogenní městskou zástavbu. V případě, že se v blízkosti místa měření nachází samostatná překážka, vertikální profil větru v místě měření je jí lokálně ovlivněn a překážka musí být uvažována samostatně. K tomuto účelu byl do WASPu implementován model zeslabení proudění vlivem blízkých překážek vycházející z výsledků studie Perery (1981) (viz kapitolu 2.6 a obr. 2.19). Vstup do modelu tvoří popis polohy, velikosti a porozity překážek. V rámci dokumentace k modelu WASP je doporučováno uvažovat individuální překážky až do vzdálenosti 30-násobku jejich výšky, ve větší vzdálenosti lze překážky považovat spíše za element zvyšující drsnost terénu než za individuální objekt.

Obr. 4.8 Schématické znázornění výpočetního postupu modelu WASP. Převzato z Troen & Petersen (1989), upravil Jiří Hošek.

Výhody a nevýhody modelu

Silnou stránkou modelu WAsP je, že koncepce modelu je přizpůsobená úlohám praktického použití ve větrné energetice. Model umožňuje detailně vyhodnotit vlivy blízkého okolí na větrné poměry zjištěné v místě měření, a podobně detailně i modifikaci větrných poměrů těmito vlivy v cílové lokalitě. WAsP navíc do jisté míry umožňuje i ohodnocení vlivu jednotlivých překážek, což nebývá u obdobných modelů obvyklé. Díky zjednodušenému modelu proudění a parametrizaci řady procesů je přitom výpočetně relativně málo náročný, alespoň ve srovnání s komplexními modely proudění.

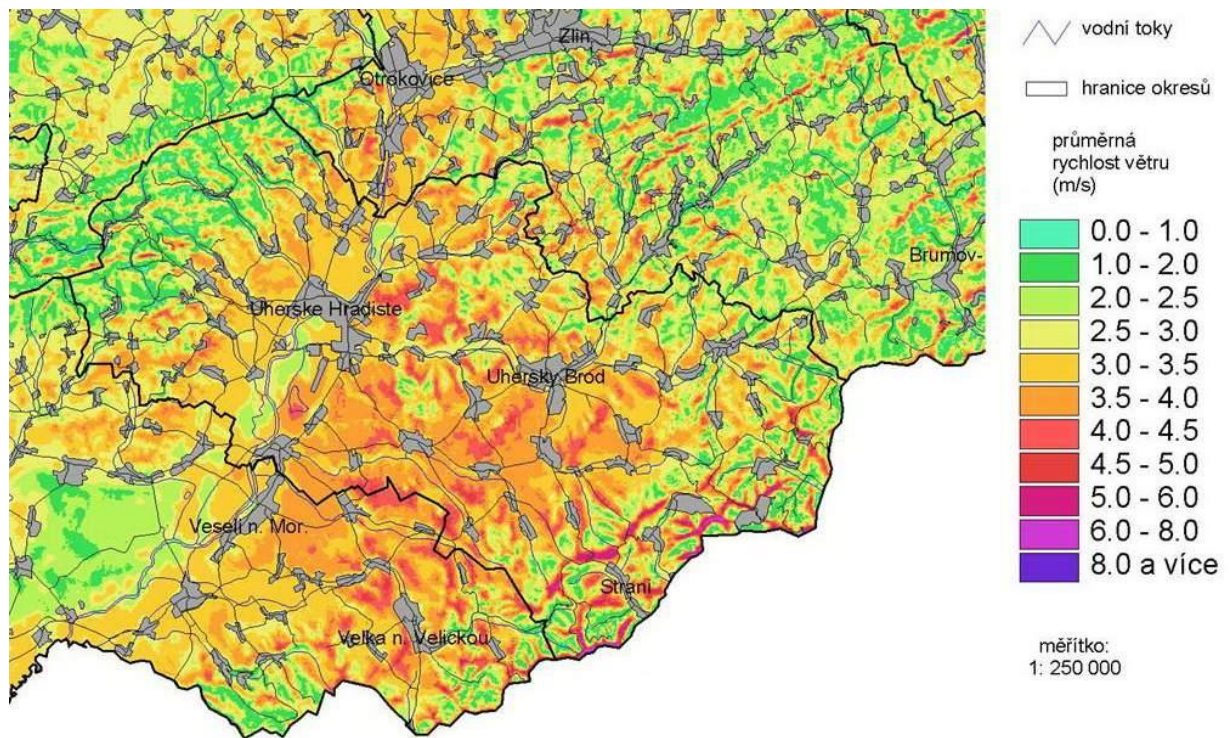
Tato zjednodušení jsou však současně i jednou z nevýhod modelu, když například zjednodušený koncept zahrnutí orografických vlivů vede k chybnému vyhodnocení vlivu orografie v oblasti s velkými sklony terénu či velkými výškovými rozdíly. Autoři modelu (Troen & Petersen, 1989) uvádějí, že tato chyba se u svahů se sklonem do kritické hodnoty kolem 0,29 pohybuje do 10 %, zatímco u strmějších svahů může být mnohem vyšší vlivem změny charakteru obtékání terénu. Rozbor kritické hodnoty uvádí Wood (1995). Model také není schopen postihnout vliv řady komplexnějších atmosférických procesů na proudění vzduchu, např. radiační efekty a jimi podmíněné místní cirkulační systémy nebo efekty související se zvrstvením atmosféry či s přetékáním, respektive obtékáním větších orografických překážek.

S tím částečně souvisí i druhá zásadní nevýhoda modelu WAsP, kterou je relativně malý rozsah okolí, jehož vliv na lokální větrné podmínky je model WAsP schopen ohodnotit. Podle vlastních zkušeností se simulacemi tohoto modelu mají již topografické prvky ve vzdálenostech okolo 5 km na modelové výsledky jen malý vliv. Lze proto říci, že zobecněné větrné klima produkované a využívané modelem WAsP je zobecňující pouze vůči drobnějším terénním prvkům do horizontálního rozměru nižších jednotek km, zatímco orografické efekty o rozměru vyšších jednotek km a více již model zachycuje jen částečně nebo vůbec. V důsledku toho není možno bez podstatné újmy na přesnosti přenášet "zobecněné větrné klima" na větší vzdálenost. Platí proto, že model WAsP dává velmi dobré výsledky při stanovení větrného klimatu v rovinném terénu nebo v pahorkatinném terénu s převahou orografických prvků malého rozměru a v nevelké vzdálenosti od referenční stanice. S rostoucí vzdáleností od referenční stanice a s rostoucí členitostí a výškovými rozdíly terénu však nepřesnost výpočtu tímto modelem značně narůstá.

Použití modelu

Standardní použití modelu WAsP je zaměřeno na výpočet větrných charakteristik cílové lokality nebo malého území v okolí místa měření větru pro účely instalace větrných zdrojů v různých výškách nad terénem. Vedle výpočtů větrných charakteristik tento model zahrnuje i přepočty na výrobu energie větrnými elektrárnami (Hošek, 2000).

Program WAsP nabízí na základě regionálních větrných charakteristik i možnost plošného výpočtu parametrů větru či větrné energie v síti bodů. Rozsah takového výpočtu lze dále rozšířit jeho automatizací (obr. 4.9). Při použití modelu WAsP na větší území je však nutno počítat s klesající spolehlivostí výsledku s rostoucí vzdáleností od místa měření a se závislostí výsledku na kvalitě a reprezentativnosti použitého měření (Štekl & Hošek, 2001a).



Obr. 4.9 Ukázka podrobného plošného výpočtu modelem WASP pro výšku 10 m nad povrchem. Autor obrázku: Jiří Hošek

4.2.3 Hybridní model VAS / WASP

Popis modelu

S omezením na relativně malý rozsah území, pro které je model WASP schopen dávat realistické výsledky, se lze vyrovnat jeho kombinací s použitím mezoměřítkového modelu (Frank et al., 2001, Landberg & Watson, 1994) či alespoň interpolací očištěných dat z více stanic (Nielsen, 1999, Vasiljevic, 2009). V regionech se zřetelnou závislostí rychlostí větru na nadmořské výšce, jako je tomu v České republice, lze výrazného přínosu dosáhnout využitím třírozměrné interpolace zahrnující také vliv nadmořské výšky. Takovou možnost poskytuje interpolační metoda VAS. Její kombinace s modelem WASP byla nazvána "hybridním modelem" VAS/WASP.

Výpočet modelem VAS/WASP sestává ze třech kroků, kdy mezi první a druhý krok výpočtu modelu WASP je vložena metoda VAS. Ta zde neinterpoluje samotná měření větru, jako při původním použití, ale zobecněné větrně klimatické podmínky odvozené z měření modelem WASP. Konkrétní postup je následující:

V prvním kroku jsou původní data pomocí modelu WASP očištěna od vlivu nejbližšího okolí a jeho výsledkem je soubor zobecněných větrně-klimatických podmínek pro každé z použitých míst měření. K odstranění lokálních vlivů lze použít všechny části programu WASP – model pro orografii, drsnost povrchu i překážky. Aplikaci modelu WASP lze individuálně přizpůsobit podmínkám a problematice konkrétního měření, v případě potřeby včetně použití nestandardních postupů, jako je například aplikace uživatelských korekcí či výšky posunutí. V této fázi jsou požadavky na přesnost a správnost provedeného výpočtu podstatně nejvyšší.

Každá chyba, která vznikne při očišťování některého z použitých měření, totiž ovlivní finální výsledek na velkém území v širokém okolí místa měření.

V druhém kroku jsou jednotlivé proměnné, obsažené v souborech zobecněného větrného klimy (tedy četnosti směrů větru a parametry Weibullova rozdělení rychlostí větru v jednotlivých směrech), interpolovány metodou VAS do sítě uzlových bodů s krokem 2 km. Získaná pole jsou sama o sobě důležitým výsledkem výpočtu, neboť dávají představu o velkoprostorovém chování modelovaných parametrů větru v rámci území České republiky bez zahrnutí vlivů místních podmínek. Při aplikaci metody VAS v rámci hybridního modelu byly některé parametry nastaveny odlišně vůči její původní verzi, například nejmenší rozdíl nadmořských výšek stanic pro určení vertikálního gradientu rychlosti byl zvýšen na 150 m a hladina, ve které probíhala interpolace, byla posunuta na 400 m n.m.

Posledním krokem výpočtu je opět aplikace modelu WAsP. Z interpolovaných hodnot jsou vytvořeny vstupní soubory do modelu WAsP (větrné atlasy) a v konečném rozlišení jsou tyto hodnoty aplikovány na digitální model terénu a parametr drsnosti povrchu. Výsledkem je pole proměnných popisujících lokální větrné podmínky, pochopitelně bez zahrnutí lokálních překážek, které je nutno aplikovat individuálně.

Výhody a nevýhody modelu

Hybridní model VAS/WAsP díky metodě VAS zahrnuje vliv nadmořské výšky (a tím do jisté míry i orografické efekty velkého rozměru) a současně díky modelu WAsP zohledňuje vliv lokální orografie a drsnosti terénu. Tím do značné míry eliminuje nejzásadnější nedostatky obou samostatných přístupů.

I přesto je nutno počítat s nezanedbatelnými omezeními. Například lineární závislost zobecněných větrných podmínek na nadmořské výšce platí jen přibližně a nemusí být zcela reprezentativní. To platí zejména, pokud jsou větrné podmínky výrazněji modifikovány orografickými tvary "středního měřítka" (typicky řádu vyšších jednotek až nižších desítek kilometrů), které jsou příliš velké na to, aby mohly být zachyceny modelem WAsP, ale příliš malé, než aby jejich efekty mohly být podchyceny sítí větroměrných stanic. Navíc, podobně jako ostatní popisované modely, ani VAS/WAsP nedokáže simulovat specifické typy proudění, jako místní cirkulační systémy, padavé větry či obtékání horských překážek, pokud tyto nejsou zachyceny referenční stanicí v blízkosti cílové lokality. V lokálním měřítku se navíc uplatňují výše diskutované limity modelu WAsP při simulaci v příliš členitém terénu.

Obecně tak platí, že hybridní model navíc vyžaduje pro realistickou interpolaci pokud možno větší počet stanic. Vzhledem k limitovanému množství dostupných zdrojů je tak nutno vážit mezi jejich kvalitou a dostatečným počtem. Riziko vyplývající z nereprezentativnosti či nízké kvality použitých stanic je částečně sníženo použitím modelu WAsP v první fázi výpočtu, chybu modelu lze omezit taktéž pečlivým zpracováním dat, kontrolou místa měření a analýzou vlivu okolních překážek na naměřená data.

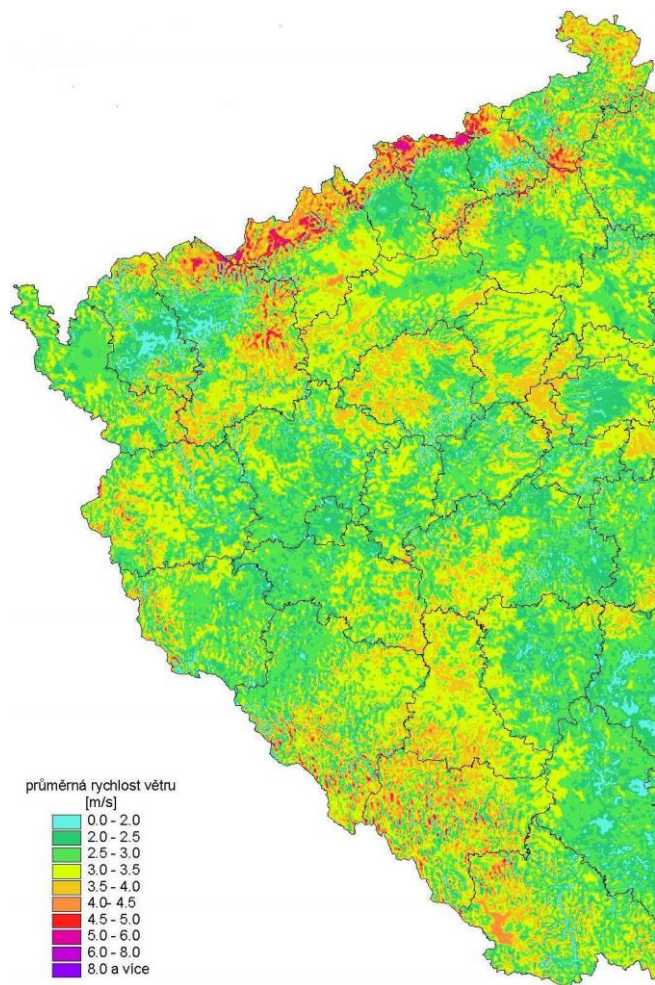
Použití modelu

Hybridní model VAS/WAsP byl pro celé území České republiky, podobně jako model PIAP, dosud realizován dvakrát. Poprvé v roce 2004 v rámci studie (Štekl et al., 2004a) (obr. 4.10), podruhé v roce 2007. Tyto dvě verze, někdy označované jako VAS/WAsP 1 a VAS/WAsP 2, se liší především výběrem a způsobem zpracování vstupních meteorologických stanic.

Model VAS/WAsP 1 vychází výhradně z měření standardní sítě meteorologických stanic (za období 1994–2003), a to včetně méně kvalitních měření stanic vybavených pouze anemoidikátory s měřením prováděným ve třech klimatologických termínech. Celkem bylo pro výpočet tímto modelem k dispozici měření ze 183 stanic, z nichž bylo použito 94 stanic.

Model VAS/WAsP 2 (viz kapitolu 4.3.4) naproti tomu využívá širší spektrum vstupních dat zahrnující i měření na stanicích AIM a měření na meteorologických stožárech. Při zpracování tohoto modelu byly také více využívány možnosti subjektivních korekcí naměřených dat. Přísnější byl i výběr použitých měření: z celkově dostupných 187 stanic a měřících stožárů bylo použito 79.

Výsledek odlišného přístupu je dobře patrný při porovnání obrázků 4.6 a 4.7, kde model VAS/WAsP 2 vykazuje nižší prostorovou variabilitu průměrných rychlostí větru než VAS/WAsP 1. V obou případech je však prostorová variabilita podstatně nižší než u modelů VAS 1 a VAS 2, kde byly interpolovány samotné průměrné rychlosti větru na jednotlivých stanicích bez očištění od vlivu nejbližšího okolí.



Obr. 4.10 Výpočet rychlosti větru nad západní částí České republiky modelem VAS/WAsP 1. Obrázek ukazuje průměrnou rychlost větru ve výšce 10 m nad povrchem (vypočteno v roce 2004). Autor obrázku: Jiří Hošek

4.2.4 Model PIAP

Popis modelu

Model PIAP je dynamický model proudění v mezní vrstvě atmosféry dlouhodobě vyvíjený Jaroslavem Svobodou na Ústavu fyziky atmosféry (Svoboda, 1990, Svoboda & Štekl, 1994, Svoboda et al., 2012). Výpočet tímto modelem sestává ze dvou částí: z dynamického modelu pro výpočet vybraných scénářů proudění vzduchu a z následného statistického přiřazení reálných situací natékajícího proudění simulovaným scénářům.

Pro výpočet vybraných scénářů natékajícího proudění je používán numerický model proudění vyvinutý pro účely modelování proudění vzduchu v mezní vrstvě atmosféry. Základní soustavu pohybových rovnic tvoří Reynoldsovy rovnice pro střední hodnoty rychlosti. V modelu je použita Boussinesqova aproximace. Soustava rovnic se uzavírá pomocí rovnice pro kinetickou turbulentní energii za použití Kolmogorovovy hypotézy a speciální hypotézy pro charakteristický rozměr turbulentních vírů. Počáteční podmínky modelu PIAP jsou definovány vnějším natékajícím prouděním (Hanslian et al., 2007).

Výpočet statistických charakteristik větru v sobě zahrnuje tyto části (Hanslian et al., 2007):

- i) výběr vlastností natékajícího proudění pro simulované scénáře
- ii) přiřazení „nejbližšího“ scénáře ke každému reálnému případu natékajícího proudění
- iii) generování virtuální řady měření na požadované lokalitě
- iv) standardní statistické zpracování virtuální řady měření.

Jednotlivé scénáře odpovídají idealizovaným (povětrnostním) situacím. Je-li cílem zjištění celkových klimatických podmínek, měly by scénáře dohromady pokrývat co nejširší spektrum možných situací. Při výpočtu větrných map byly scénáře zpravidla rozlišovány podle směru a rychlosti natékajícího proudění. Pro každý spočtený scénář proudění vzduchu jsou počítány rozdíly mezi místem výpočtu větrné růžice a referenční stanicí a tyto spočtené rozdíly jsou aplikovány na změřené veličiny v referenční stanicí. Scénář blízký k reálnému případu natékajícího proudění je vybírán obvykle tak, aby simulované hodnoty směru a rychlosti co nejlépe odpovídaly hodnotám změřeným na referenční stanicí. Takovým způsobem jsou pro každý změřený případ na referenční stanicí odvozeny odpovídající hodnoty směru a rychlosti větru v místě výpočtu větrné růžice. Odchylka rychlosti větru je charakterizována poměrem rychlostí větru mezi místem výpočtu a referenční stanicí. Naproti tomu odchylku směru proudění charakterizuje rozdíl směrů větru v místě výpočtu a v místě referenční stanice.

Výhody a nevýhody modelu

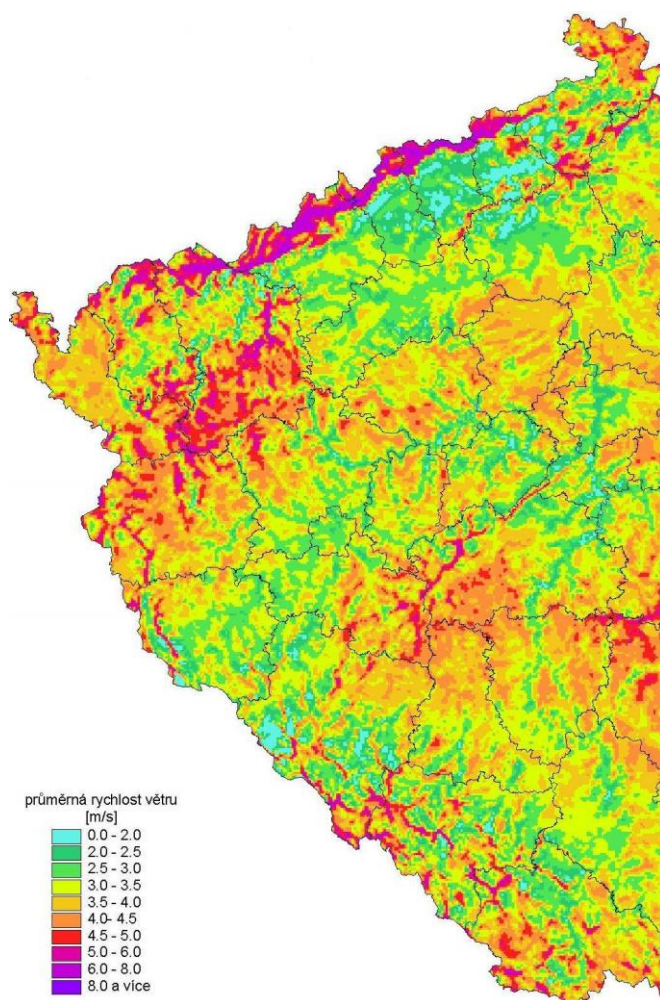
Model PIAP dokáže díky zahrnutí základní soustavy pohybových rovnic lépe modelovat vlivy orografie na proudění vzduchu než model WAsP. To je zvláště důležité v případě orografických tvarů o horizontálním rozměru větším než jednotky kilometrů, které WAsP prakticky nedokáže zohlednit. Vzhledem k tomu, že scénáře proudění vzduchu jsou modelem PIAP počítány jednotně pro poměrně rozsáhlé území, lze k výpočtu použít i vzdálenější referenční stanici, aniž by tím došlo k vážné újmě na kvalitě výsledku.

Ve srovnání s komplexními mezoměřítkovými meteorologickými modely je výhodou modelu PIAP relativně nízká výpočetní náročnost, která umožňuje výpočet ve velkém počtu

výpočetních bodů, a tedy i poměrně vysoké prostorové rozlišení modelu či zahrnutí velkého území. Naopak ve srovnání s modely VAS a WAsP pracuje model PIAP v nižším rozlišení. Při výpočtu větru přes celé území České republiky se používá výpočetní síť s krokem 600 m, ve které již dochází k podstatnému shlazení jemnějších orografických tvarů.

Relativně nízká výpočetní náročnost tohoto modelu souvisí s jeho hlavní nevýhodou. Modelová fyzika nezahrnuje složité radiační a vlhkostní procesy v atmosféře, což má v některých situacích za následek nepřesnosti v dosažených výsledcích. Model například nedokáže zachytit radiačně a vlhkostně podmíněné typy proudění, jako jsou místní cirkulace či některé typy padavých větrů.

Podle vlastní zkušenosti s tímto modelem bývá vypočtený vertikální profil větru dosti nerealistický. Ke proto vhodné používat vypočtené rychlosti větru pouze ve stejné výšce nad zemí, ve které se nachází referenční stanice. Model má také tendenci nadhodnocovat velikost orografických vlivů, tedy zesílení větru nad plošně rozsáhlejšími vyvýšeninami a jeho zeslabení nad sníženinami.



Obr. 4.11 Výpočet rychlosti větru nad západní částí České republiky modelem PIAP. Obrázek ukazuje průměrnou rychlost větru ve výšce 10 m nad povrchem (vypočteno v roce 2004). Autor obrázku: Jiří Hošek

Použití modelu

Model PIAP lze využít pro výpočet pole proudění nad různě velkými územími s odpovídajícím rozlišením. Prakticky byl proveden například výpočet pole rychlosti větru nad Krušnými horami (Štekl et al., 2004b). Na celé území České republiky byl tento model poprvé aplikován v roce 2004 (Štekl et al., 2004a) (obr. 4.11), podruhé pak v roce 2007 v rámci

výpočtu větrné mapy, který bude popsán v kapitole 4.3. Při první zmíněné realizaci byl výpočet pole větru na území České republiky modelem PIAP založen na měření stanic Kocelovice (západní polovina ČR) a Dukovany (východní polovina ČR) za období 1994–2003, při druhé realizaci byla použita data z 5 stanic (viz kapitolu 4.3.5).

Ze spočtených scénářů a měření na některé meteorologické stanici je možno statistickým modelem simulovat i komplexní větrné poměry v určitém bodě. Model PIAP tak může být použit pro výpočet v jednom bodě podobně jako model WAsP. Na rozdíl od modelu WAsP může být bez vážnější újmy použita i vzdálenější meteorologická stanice, na druhou stranu je však nutno počítat s nedostatky popsány v předchozí kapitole, například s omezeným prostorovým rozlišením.

4.3 Realizace větrné mapy ČR

Impulem pro výpočet dosud poslední větrné mapy České republiky byl zájem na zjištění technického a realizovatelného potenciálu větrné energie v České republice (Hanslian et al., 2007, Hanslian et al., 2008, Hanslian & Pop, 2008, Hanslian, 2011). Pro odhad větrného potenciálu bylo nutno mít co nejlepší představu o větrných podmínkách na našem území, pokud možno v detailním prostorovém rozlišení a ve výšce rotorů větrných elektráren. Jako základní výška nad zemským povrchem, ke které byl proveden výpočet, proto byla zvolena hladina 100 m. Výpočet větrné mapy kombinuje schopnosti modelů používaných na Ústavu fyziky atmosféry a odráží dosavadní zkušenosti s nimi. Nejprve byly nezávisle na sobě provedeny výpočty modelů PIAP a VAS/WAsP pro celé území ČR, výsledky obou modelů byly následně zkombinovány a takto byla získána výsledná větrná mapa.

4.3.1 Přehled použitých větroměrných dat

Za účelem vytvoření větrné mapy byl shromážděn co nejširší soubor větroměrných dat. Na rozdíl od předchozích prací nebyla využívána pouze data ze standardních meteorologických stanic, ale byly prověřeny také možnosti dalších datových zdrojů.

Profesionální meteorologické stanice (obr. 2.17) tvoří pátevní síť nejdůležitějších meteorologických stanic. Měření je prováděno nejčastěji ve výšce 10 m nad zemí, výjimečně ve větší výšce, zejména při umístění nad střechou budovy. Obvykle se jedná o kvalitní a dobře umístěné stanice s dlouhodobými řadami měření, často zde ale dochází k výskytu nehomogenit v naměřených datech. U některých stanic je problematické jejich umístění nad střechou budovy (viz kapitolu 2.5). Celkově bylo k dispozici 35 českých a řada zahraničních profesionálních stanic.

Dobrovolnické automatizované stanice doplňují síť profesionálních stanic. Měření je prováděno na stožáru ve standardní výšce 10 m. Problematická bývá často poloha těchto stanic, neboť se zpravidla nacházejí v blízkosti zástavby a dalších překážek (obr. 4.12) a většinu z nich z tohoto důvodu nelze použít. Také kvalita samotného měření bývá spíše nižší než u profesionálních stanic, neboť přístroje obvykle nejsou vyměňovány preventivně, ale až v případě zjevné nefunkčnosti. Vzhledem k tomu, že výstavba automatizovaných stanic

probíhala relativně nedávno před zpracováním větrné mapy, byly obvykle k dispozici kratší než desetileté řady měření. Celkově bylo k dispozici 71 těchto stanic.

Podrobnější informace o měření větru v síti profesionálních a automatických meteorologických stanic Českého hydrometeorologického ústavu (ČHMÚ) lze najít v práci Řepky (2011).



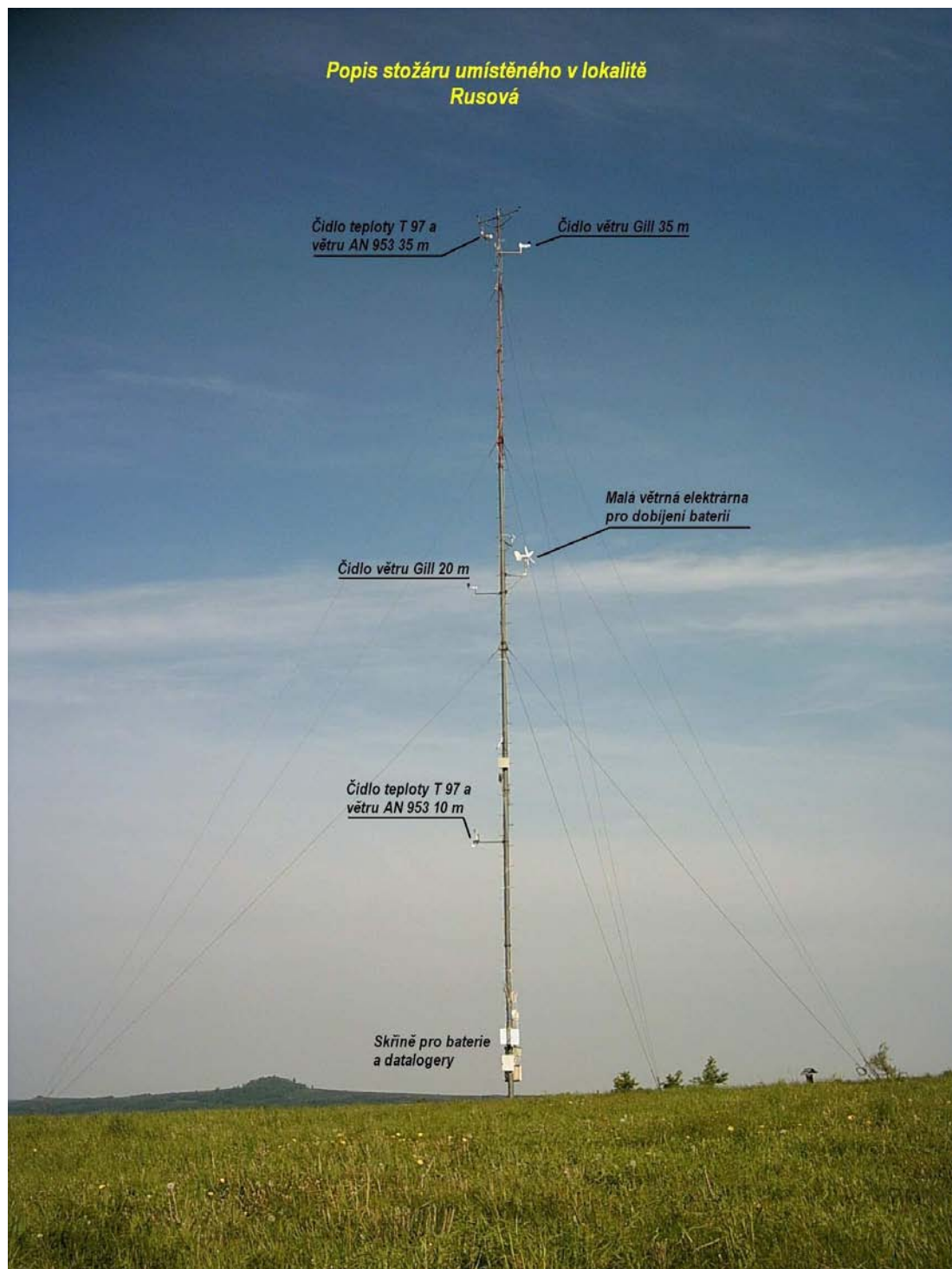
Obr. 4.12 Příklad dobrovolnické automatizované stanice (Brod nad Dyjí, rok 2004). Ve směru fotografie je řada domů s velkým vlivem na proudění, v okolí se nacházejí další komplexní překážky. Tato stanice je tak na hranici využitelnosti pro modelování větru.

Stanice automatizovaného imisního monitoringu (AIM) zahrnují zpravidla i senzor rychlosti a směru větru, vznikl proto nápad využít pro výpočet větrné mapy i je. Stanice mívají podobu typizovaného kontejneru, ke kterému je připevněn stožár s anemometrem ve standardní výšce 10 m (obr. 4.13). Kvalita větroměrných dat je v rámci sítě AIM dosti proměnlivá, neboť měření větru není primárním cílem těchto stanic. Výhodou některých stanic AIM je ale jejich umístění v otevřeném prostoru bez významnějších okolních překážek. Dle databáze ČHMÚ existuje 91 stanic AIM s měřením větru, z těchto stanic byla pro účely výpočtu větrné mapy získána větroměrná data 36 tzv. pozadřových stanic, které bývají umístěné mimo městské aglomerace a průmyslové zóny.



Obr. 4.13 Stanice AIM Měděnec (rok 2004). Stanice nebyla použita, neboť se v jejím okolí nacházejí výhodněji umístěná měření na meteorologických stožárech.

Stožárová měření větru jsou používána zejména k přesnému zjištění větrných poměrů pro potřeby větrné energetiky. Ve standardním případě se jedná o lehké trubkové konstrukce budované pouze pro tento účel (obr. 4.14, obr. 2.7). Levnější alternativou je umístění senzorů na stávající objekty, zejména telekomunikační věže. V takových případech však mohou být naměřené hodnoty dosti výrazně ovlivněny deformací proudění při obtékání věže. To je zvláště nepříjemné v případech, kdy měření probíhalo ve vzdálenější minulosti a není k dispozici jeho fotodokumentace. Použitá měření probíhala v letech 1995 – 2006, senzory byly umístěny nejčastěji ve výškách mezi 30 a 50 metry nad zemí. Vedle větší výšky nad zemí je výhodou těchto měření jejich lokalizace zpravidla na vrcholcích kopců či na otevřených prostranstvích. Kvalita měření byla různá, u novějších měření zpravidla dobrá. Mírnou nevýhodou je krátká doba měření, typicky po dobu jednoho roku. Některá starší měření byla navíc ukládána do datalogerů s omezenou paměťovou kapacitou, kde nebyly k dispozici původní naměřené hodnoty, ale pouze histogramy rychlostí, případně i směrů větru v jednotlivých měsících. Celkem bylo k dispozici 40 stožárových měření větru, z toho 19 s daty pouze v podobě histogramů. Celkem 10 ze stožárových měření nacházelo v oblasti Krušných hor, neboť tato oblast byla od počátku nejvíce v ohnisku zájmu o využití větrné energie.



Obr. 4.14 Meteorologický stožár 35 m vysoký včetně popisu zařízení.

Jiné typy existujících měření větru, například v rámci silničního monitoringu či různých domácích, průmyslových či zemědělských stanic využívány nebyly vzhledem k převážně problematické kvalitě, špatné dokumentaci a obtížné dostupnosti těchto měření.

4.3.2 Zpracování měření větru

V dalším kroku bylo provedeno podrobné vyhodnocení naměřených dat. Byly přitom analyzovány případné nesrovnalosti, jako výpadky, nehomogenity či podezřelé chování naměřených dat.

Nejpodrobněji byla analyzována data měřená na vysokých meteorologických stožárech. Tato měření byla k dispozici v jemném časovém rozlišení a zpravidla i souběžně na více úrovních a bylo tedy možno využít vzájemného srovnání různých senzorů v rámci jednoho stožáru. Na druhou stranu byla tato měření poměrně často postihována výpadky či obdobími špatné funkce přístrojů, například z důvodu námrazy, poruch či nedostatečného napájecího napětí. Celkově limitovaná doba provozu těchto stožárů navíc neumožňovala plošné vyřazení rozsáhlých úseků dat. Měření proto byla podrobně kontrolována s využitím vzájemného porovnání naměřených hodnot na sousedních senzorech, porovnání s okolními měřeními a podle dalších indikátorů. Chybné či podezřelé termíny či úseky dat byly individuálně vyřazovány ze zpracovávaného souboru dat. Této kontrole podléhaly jak řady rychlosti tak i směru větru.

Tento detailní způsob kontroly větroměrných dat je dosti pracný a do jisté míry subjektivní, nicméně velmi účinný. Vzhledem k jeho časové náročnosti jej však nelze použít na rozsáhlejší soubory dat. Měření v síti stanic ČHMÚ (profesionální, automatické, AIM) proto byla analyzována spíše v souhrnné podobě. V první fázi bylo provedeno podrobné automatické vyhodnocení dat do série přehledných grafů a tabulek. Na jeho základě bylo možno odhalit zásadní nesrovnalosti v naměřených datech, například výskyt nereálně vysokých rychlostí větru, podezřele četný nebo málo četný výskyt určitých hodnot nebo významnější změny v chování naměřených dat (potenciální nehomogenity). Nalezené nesrovnalosti byly dle možností opraveny, nebo, v častějších případech, byla problematická období zcela vyřazována z dalšího zpracování. S ohledem na delší trvání těchto měření bylo možno vyřazovat i relativně větší segmenty dat (často celé roky), neboť jejich vyřazení neznamená tak závažnou ztrátu informace jako u krátkodobějších měření na meteorologických stožárech.

Výskyt problémových období byl v případě měření s delšími časovými řadami víceméně pravidlem. Typickým jevem zejména pro dobrovolnické meteorologické stanice byl postupný pokles naměřených rychlostí větru a zvýšení výskytu bezvětří z důvodu opotřebení miskového anemometru, začínající cca 3 roky po pravděpodobné instalaci nového senzoru. Typický následný vzestup rychlosti větru je zřejmě projevem výměny přístroje za nový. Dalším častým jevem byl výskyt nehomogenit projevujících se celkovými změnami rozdělení rychlostí větru či větrných růžic. K tomu docházelo více u profesionálních meteorologických stanic, zřejmě v důsledku častějších změn v poloze senzorů či jiných změn v rámci stanice. Jak bylo diskutováno v [kapitole 2.5](#), zejména při umístění anemometru nad střechou budovy či v blízkosti jiných objektů (antény, ostatní senzory, samotný měřící stožár) může docházet ke značným změnám naměřených podmínek i při zdánlivě nepodstatných přesunech senzoru na velmi malé vzdálenosti. Příčinou nehomogenit jsou také změny v okolí měřícího přístroje, ať již se jedná o bezprostřední okolí senzoru (okolní senzory ap.) nebo o změny v okolí meteorologické stanice (např. růst nedalekého lesa - Churáňov, Červená u Libavé ap.).

Období, která se jevila jako chybná nebo výrazně nedůvěryhodná, byla z dalšího zpracování vyřazena. Ve většině případů lze totiž získat lepší představu o větrných podmínkách lokality z relativně krátké, ale spolehlivé datové řady, než z delší řady měření obsahující (zpravidla těžko odstranitelné) chyby, které mohou kontaminovat kvalitnější data. Pokud došlo v průběhu měření k posunům polohy senzoru, pak byla zpracována pokud možno pouze měření z období, pro které byly k dispozici spolehlivé informace o umístění přístroje a dokumentace jeho okolí. Ve výsledku byly i v případě dlouhodobě měřících stanic většinou použity jen relativně krátké úseky naměřených dat, typicky v délce 3 až 6 roků.

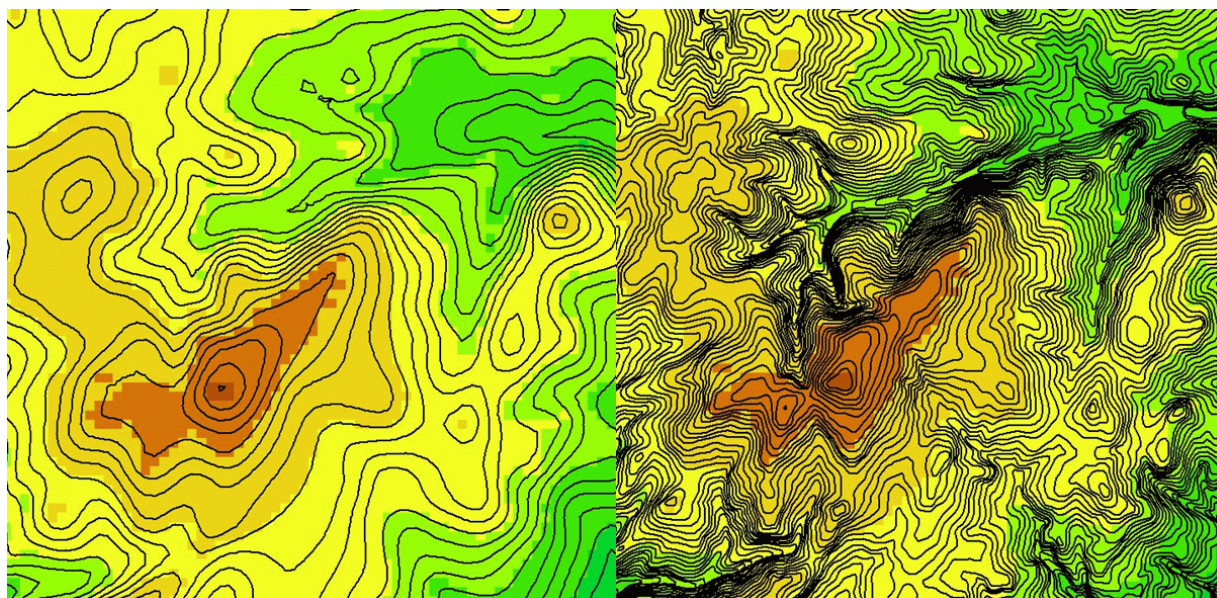
Aby data vstupující do modelového výpočtu pokrývala dostatečně dlouhou periodu, byly chybějící úseky doplněny a časové řady prodlouženy na jednotné období 1997 - 2006. Prodloužení (doplnění) bylo provedeno na základě referenční řady, kterou byla řada rychlosti a směru geostrofického větru na hladině 925 hPa podle reanalýz NCEP/NCAR. Pro tento účel byla použita Metoda 2, popsaná v [kapitole 3.4.2](#).

Stožárová měření s výsledky dostupnými pouze v podobě souhrnných histogramů byla taktéž prodloužena prostřednictvím reanalýz na období 1997 - 2006. Prodloužení však bylo možno provést pouze zjednodušenou Metodou poměrů bez členění po směrech větru (viz [kapitolu 3.5.5](#)) a bylo tedy méně přesné než v případě ostatních měření. V případě chybějících informací o směrech větru byla větrná růžice simulována podle okolních stanic. Mimo jiné i z těchto důvodů byl tento druh stožárových měření využíván jen v případech, kdy se v okolí nevyskytovalo vhodnější měření větru.

4.3.3 Geografické vstupy: orografie a parametr drsnosti povrchu

Nejdůležitější informací o vlastnostech povrchu modelovaného území jsou data o orografii, tedy o nadmořské výšce. Za zdroj orografických dat byla vybrána kombinace digitálního modelu reliéfu DMÚ25 s digitálními vrstevnicemi po 5 m a rastrový model DMR, který udává nadmořské výšky pro celé území republiky v pravidelné síti bodů s rozestupem 100 m. Druhý uvedený zdroj informace o orografii byl použit jen na malé části území České republiky v méně členitých územích. Jelikož vstupem do modelu WAsP jsou vektorové vrstevnice, bylo třeba část rastrového modelu převést do požadovaného formátu. V tomto případě byly vrstevnice vygenerovány lineární interpolací mezi uzlovými body sítě. Příklad vrstevnic digitálního modelu terénu DMÚ25 a rastrového modelu DMR ukazuje [obr. 4.15](#) (doslova převzato z [Hanslian et al., 2007](#)).

Dalším parametrem zemského povrchu, který ovlivňuje proudění, je jeho drsnost. Vyjadřuje vliv nerovností rozmístěných na zemském povrchu na proudění v mezní vrstvě. K jeho určení pro rozsáhlé zájmové oblasti byla vybrána mezinárodní klasifikace land-cover CORINE ([Haines-Young et al., 2006](#)). Pokrývá celé území České republiky a obsahuje dostatečné množství kategorií typu pokrytí povrchu. Každé z celkem 32 kategorií vyskytujících se na našem území byla přiřazena určitá hodnota parametru drsnosti. Hodnoty přiřazené kategoriím land-cover ukazuje [tab. 4.1](#) (zde neuvedené kategorie hrají nepodstatnou roli). Základem pro výběr charakteristických hodnot tohoto parametru pro jednotlivé třídy byl článek ([Wieringa, 1993](#)), který shrnuje řadu měření nad homogenními povrchy. Příklad rozložení parametru drsnosti povrchu zobrazuje [obr. 4.16](#) (doslova převzato z [Hanslian et al., 2007](#)).

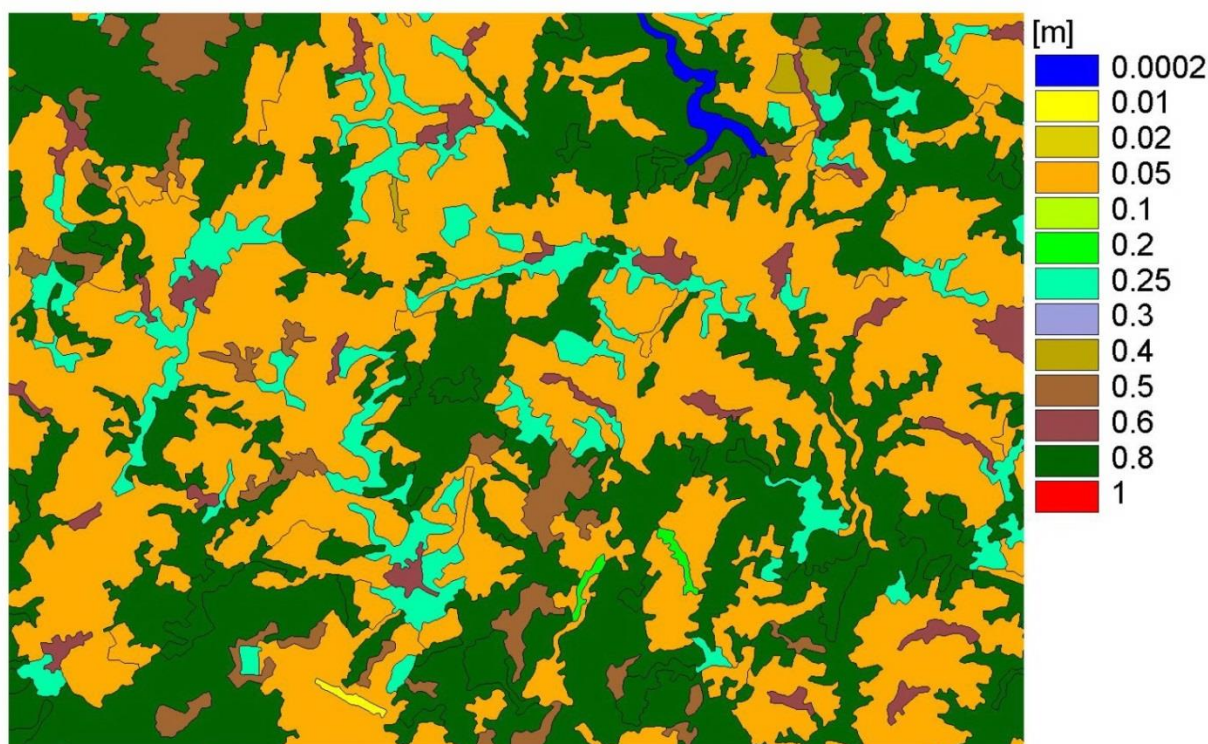


Obr. 4.15 Orografie 100 x 100 m a vrstevnice interpolované v intervalu 10 m (vlevo) a převzaté z digitálního modelu terénu DMÚ 25 s intervalem 5 m (vpravo) v okolí meteorologické stanice Červená u Libavé. Zdroj: [Hanslian et al. \(2007\)](#).

Kategorie	z_0 (m)
vodní plochy	0,0002
letiště, holé skály	0,02
orná půda, louky, pastviny	0,05
zemědělská krajina s příměsí přirozené vegetace	0,1
vinice, ovocné sady	0,3
komplexní systémy kultur a parcel	0,4
střídající se lesy a křoviny	0,5
zástavba, průmyslové zóny	0,6
lesní porosty	0,8

Tab. 4.1 Charakteristické hodnoty parametru drsnosti povrchu (z_0) pro kategorie land-cover CORINE. Zdroj: [Hanslian et al. \(2007\)](#).

Výsledná klasifikace drsnosti povrchu a orografie byla převedena do formátu vyžadovaného modelu. U modelu PIAP byly orografie i drsnost povrchu zprůměrovány do sítě s horizontálním krokem 600 m. Model VAS/WAsP vyžaduje model orografie i drsnosti povrchu ve vektorové podobě, v případě orografie jsou to vrstevnice a v případě drsnosti povrchu jsou to linie změn tohoto parametru na hranicích jednotlivých polygonů klasifikace CORINE (doslova převzato z [Hanslian et al., 2007](#)).



Obr. 4.16 Parametr drsnosti povrchu v okolí meteorologické stanice Červená u Libavé. Zdroj: [Hanslian et al. \(2007\)](#).

Jako základní souřadný systém, ve kterém byly generovány vstupní geografické informace o orografii a drsnosti povrchu, byl zvolen systém S-42 zobrazený v Gauss-Krügerově projekci. Ten byl také použit pro modelové výpočty a zobrazení výsledků. Jediným problémem je diskontinuita Gauss-Krügerova zobrazení na 18. poledníku v. d., který je hranicí dvou pásů (třetího a čtvrtého). Řešením byl převod celého území do třetího pásu, což sice znamená zvýšení zkreslení zvoleného kartografického zobrazení, odchylky ale zůstávají vzhledem k danému účelu zanedbatelné (doslova převzato z [Hanslian et al., 2007](#)).

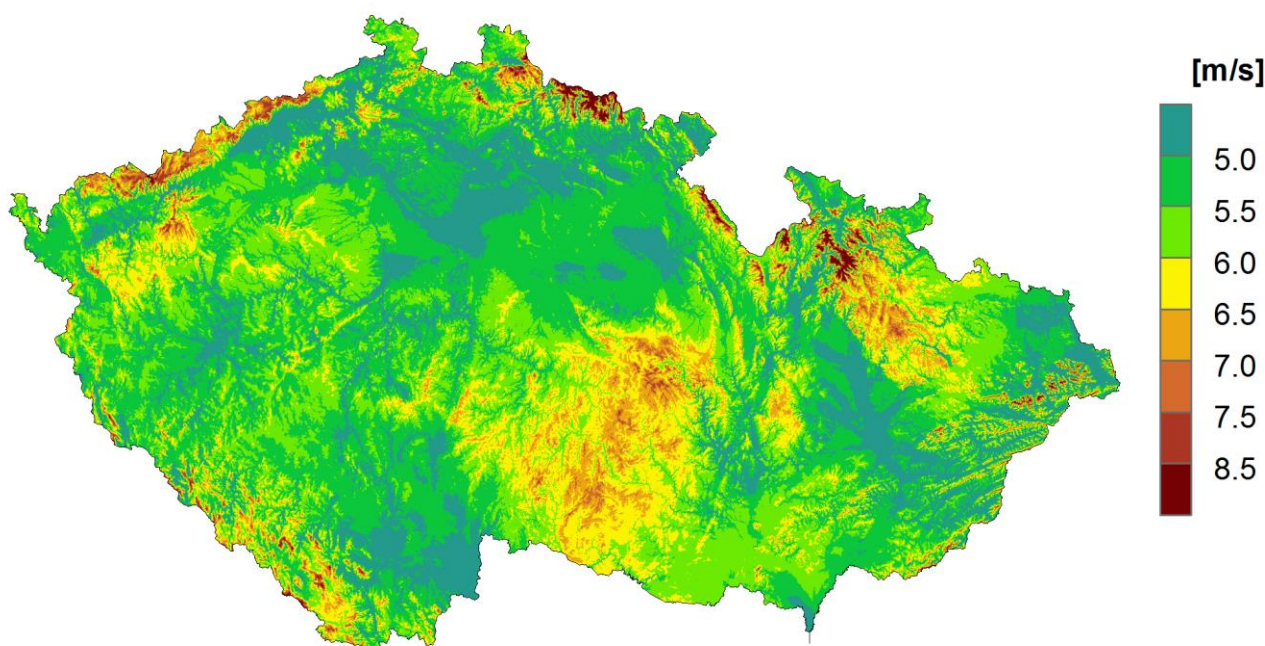
4.3.4 Realizace modelu VAS/WAsP

Obecný princip výpočtu modelu PIAP je uveden v kapitole 4.2.3. Prvním krokem při realizaci modelu je očištění větrných podmínek v místě měření od vlivu okolí modelem WAsP. Naměřená data, jejichž výběr a zpracování jsou popsány v [kapitolách 4.3.1 a 4.3.2](#), byla nejprve převedena do požadovaného vstupního formátu ".tab". Počet směrových sektorů lze zvolit libovolně, ve větrné energetice se však nejčastěji pracuje s 12-směrnou růžicí, proto byl zvolen tento počet směrových sektorů.

Očištění od vlivu lokální drsnosti povrchu a orografie provádí model WAsP automaticky na základě příslušných geografických podkladů, jednotlivá měření však vyžadují individuální přístup při zohlednění vlivu umístění senzoru a okolních překážek. K tomuto účelu lze v jednodušších případech použít koncept překážek modelu WAsP. Pokud se však jedná o překážky příliš zásadní (tj. blízké a převyšující úroveň měření) či vícenásobné, pak tento postup dává nerealistické výsledky. V takových případech musely být použity postupy založené spíše na zkušenostech a na subjektivní úvaze než na objektivním vyhodnocení překážek. Jde

například o aplikaci výšky posunutí (viz [kapitolu 2.7](#)), tedy o deklaraci nižší efektivní výšky měření nad zemským povrchem, o subjektivní úpravy modelu překážek či o použití uživatelských korekcí umožněných modelem WASP. Podobně bylo zohledňováno i předpokládané nadhodnocování rychlostí větru nad střechami budov či nad telekomunikačními věžemi.

Po očištění naměřených dat od lokálních vlivů byla provedena interpolace získaných zobecněných větrných podmínek metodou VAS do sítě 2×2 km ([obr. 4.7](#)). Nakonec byly interpolované zobecněné větrné podmínky v každém čtverci 2-kilometrové sítě použity jako vstup do modelu WASP, a tím byl dosažen konečný výsledek modelu VAS/WASP s rozlišením 100×100 m ([obr. 4.17](#)).



Obr. 4.17 Model VAS/WASP – průměrná rychlost větru ve výšce 100 m nad povrchem. Autor obrázku: Jiří Hošek

Konečný výsledek modelu VAS/WASP již opět zohledňuje i lokální vlivy různorodé orografie a drsnosti povrchu na rychlosti větru, nikoli však vlivy blízkých překážek, které nelze při velkoplošném výpočtu brát v úvahu. Jedinou opravou, která byla při závěrečné aplikaci modelu WASP provedena, byla korekce známého nedostatku tohoto modelu, kterým je nadhodnocování zesílení rychlosti větru nad vyvýšenými terénními tvary se svahy o sklonu 30 % a vyšším. V takových případech byla vypočtená rychlost větru redukována tak, že bylo uvažováno pouze 25 % zesílení proudění nad hodnotu zesílení odpovídajícího sklonům svahů 30 %.

4.3.5 Realizace modelu PIAP

Obecný princip výpočtu modelu PIAP je uveden v kapitole 4.2.4. V následujícím textu jsou popsány konkrétní parametry výpočetního postupu tak, jak byly použity při realizaci modelu PIAP určené k výpočtu větrné mapy (Hanslian et al., 2007):

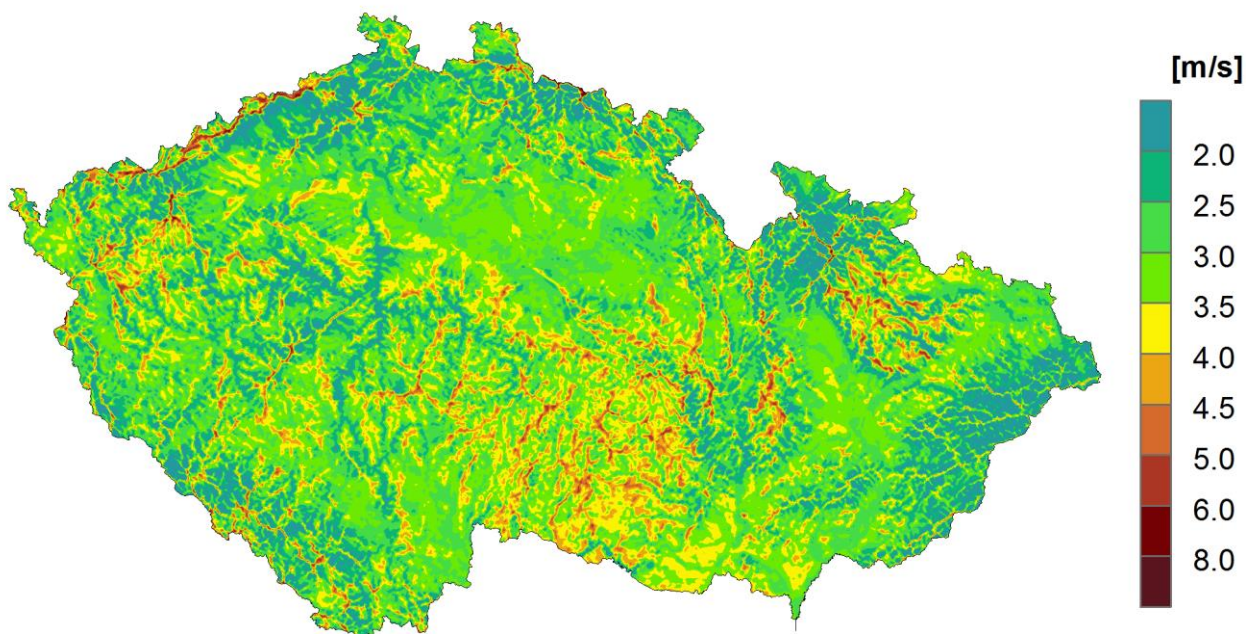
- výpočetní síť obsahovala 1045 x 643 x 34 uzlových bodů a pokrývala celou ČR,
- konstantní horizontální kroky podél obou navzájem kolmých os byly rovny 600 m,
- ve vertikální ose byl použit proměnný krok. První hladina se nachází 2 m nad zemským povrchem a má vertikální tloušťku 0,3 m. Vertikální krok narůstal až do hodnoty 50 m a pak zůstal konstantní až do výšky 400 m nad zemským povrchem, kde opět začal růst až dosáhl hodnoty 200 m,
- horní hranice výpočetní oblasti byla ve výšce 3310 m nad zemským povrchem,
- teplotní zvrstvení natékajícího proudění bylo ve všech scénářích shodné a odpovídalo poklesu teploty s výškou o 0,9 °C na 100 m (tj. bylo použito teplotní zvrstvení blízké indiferentnímu, které odpovídá poklesu 1,0 °C na 100 m),
- ve všech scénářích byl v natékajícím proudění uvažován konstantní přírůstek geostrofického větru s výškou 0,25 m/s na výšku 100 m,
- u zemského povrchu byly v natékajícím proudění zadávány 2 hodnoty geostrofické rychlosti: 5 m/s a 10 m/s,
- v natékajícím proudění bylo použito 16 směrů geostrofického větru, rovnoměrně pokrývajících celou růžici s krokem 22,5 stupně. Kombinací 2 rychlostí s 16 směry bylo tedy získáno celkem 32 scénářů,
- směr geostrofického větru byl konstantní uvnitř každého scénáře, ale rychlost geostrofického větru narůstala s výškou.

Pro výpočet větrné mapy bylo nezávisle na sobě použito 5 referenčních stanic (tab. 4.2). Kritériem bylo mimo jiné umístění stanic v plochem terénu bez významných okolních překážek, neboť PIAP při svém výpočtu nešetřuje vlivy nejbližšího okolí stanic. Podle jednotlivých referenčních stanic byly vypočteny větrné podmínky nad celým územím České republiky ve výšce 10 m nad zemí. Výsledné pole rychlosti větru bylo určeno kombinací polí pro jednotlivé referenční body, váhu vstupního pole určovala převrácená hodnota druhé mocniny vzdálenosti od daného místa.

Výsledné pole průměrné rychlosti větru na území ČR vypočtené modelem PIAP ve výšce 10 m nad zemským povrchem ukazuje obr. 4.18.

indikativ		název	souřadnice S-42		výška [m]	
WMO	ČR		E	N	nadmořská	nad zemí
11487	C1KOCE01	Kocelovice	3415886	5482372	518	10
11518	P1PRUZ01	Praha - Ruzyně	3446849	5552387	364	10
11659	P3PRIB01	Příbrav	3555305	5494867	528	10
11693	B2DUKO01	Dukovany	3582974	5440992	405	10
11782	O1MOSN01	Ostrava-Mošnov	3725426	5512057	251	10

Tab. 4.2 Referenční stanice použité pro výpočet modelu PIAP.



Obr. 4.18 Model PIAP – průměrná rychlost větru ve výšce 10 m nad povrchem. Autor obrázku: Jiří Hošek

4.3.6 Kombinace modelů PIAP a VAS/WAsP

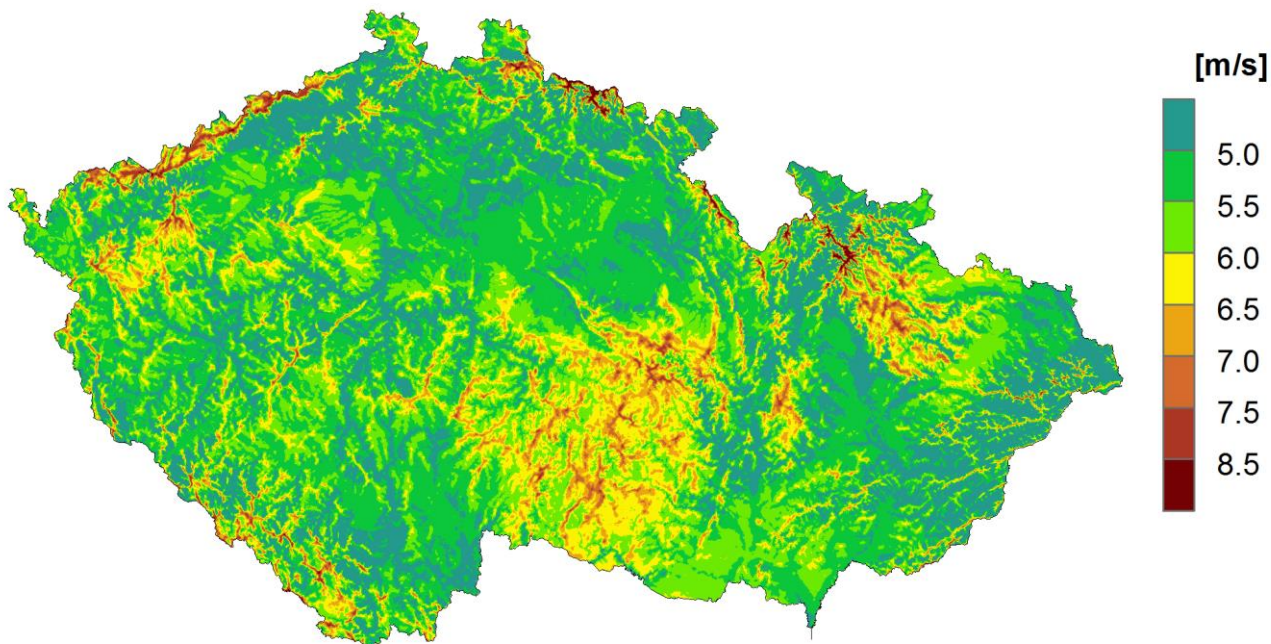
Kombinace modelů PIAP a VAS/WAsP odpovídá postupu, který dle mých zkušeností z práce s těmito modely přináší v typickém případě nejvíce realistické výsledky. Použitý postup vychází z těchto zjištění ohledně použitých modelů:

- model PIAP ve výšce 10 m nad zemí dává z hlediska orografie středního a většího měřítká celkově realistické rozložení rychlostí větru, v absolutní míře však vliv těchto orografických tvarů nadhodnocuje. Na druhou stranu v důsledku relativně hrubého prostorového rozlišení (krok sítě 600 m) tento model nedokáže zachytit jemné orografické tvary,

- model VAS/WAsP dokáže zachytit vliv jemných orografických tvarů, v případě útvarů s prudkým sklonem jejich vliv spíše nadhodnocuje. Naopak vliv orografických tvarů o rozměrech v řádu jednotek až nižších desítek kilometrů model VAS/WAsP podhodnocuje až zcela zanedbává,

- větrná růžice modelu PIAP mívá poměrně realistické rozložení převládajících směrů větru a rychlostí větru, rozdíly mezi jednotlivými směry větru však bývají často nadhodnocené,

- větrná růžice modelu VAS/WAsP zpravidla také dává v základních obrysech správné rozložení převládajících směrů, celkově je tato růžice ale nepřiměřeně "shlazená" a předpokládá relativně významné četnosti a rychlosti větru i ze směrů, které se ve skutečnosti vyskytují jen vzácně (model nedoceňuje vliv orografie na směr větru).



Obr. 4.19 Výsledná větrná mapa – průměrná rychlost větru ve výšce 100 m nad povrchem.
 Autor obrázku: Jiří Hošek

Na druhou stranu právě na výrazně vyjádřených horských vrcholech, hřebenech či v sedlech lze očekávat vůbec nejvyšší rychlosti větru. Pokud bychom hledali absolutně největrnější místo České republiky, tak to zřejmě nebude na taktéž mimořádně větrném vrcholku Milešovky, jak se v minulosti často tradovalo, ale v mnohem výše položených vrcholových partiích Krkonoš a Jeseníků. O tom, který konkrétní bod bude vůbec největrnější, lze jen spekulovat, sázka na vrchol naší nejvyšší hory s dlouhodobými průměrnými rychlostmi výrazně přes 10 m/s však zřejmě nebude daleko od pravdy.

V méně členitých nižších pohořích či vrchovinách takto vysoké rychlosti očekávat nelze, zato zde podstatně větší podíl rozlohy tvoří otevřené lokality na oblých hřebenech a náhorních plošinách, což příznivě ovlivňuje větrnost těchto území. Také zde dochází k celkově nižšímu útlumu proudění v důsledku členitosti reliéfu než v horských oblastech. To dohromady vede k výskytu poměrně rozsáhlých nadprůměrně větrných oblastí, jak je z větrné mapy dobře patrné.

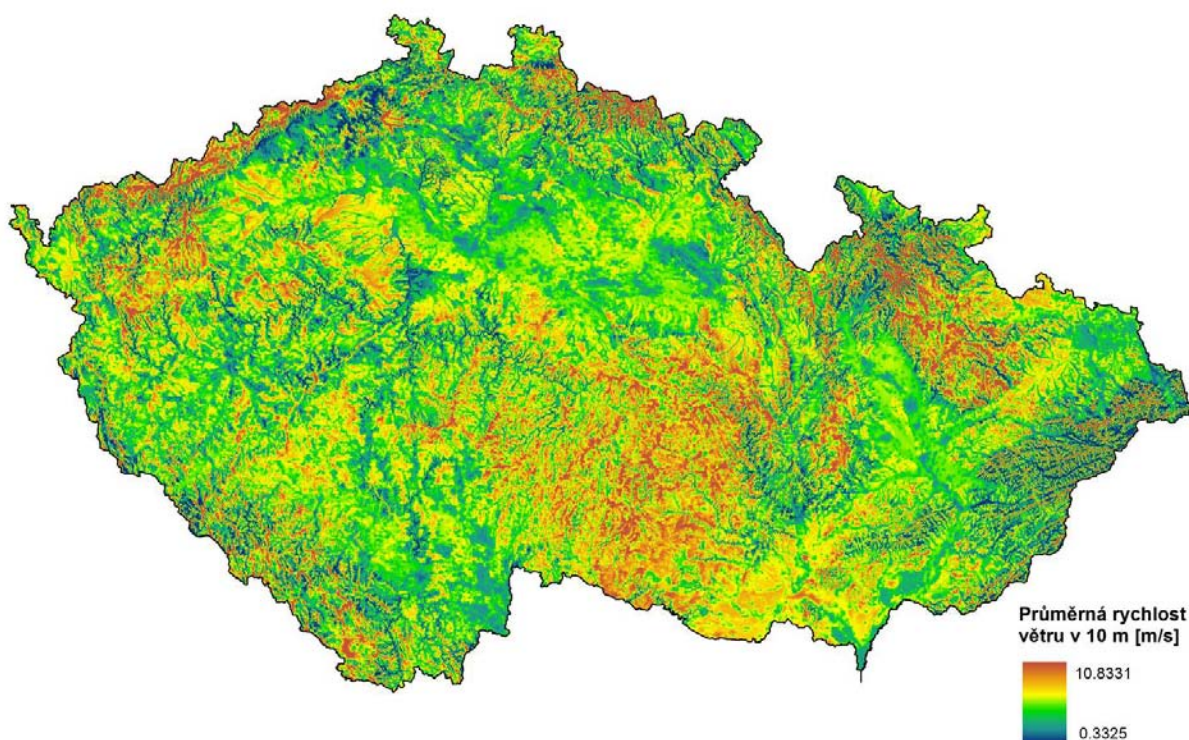
Naopak spíše podprůměrnými rychlostmi větru se vyznačují nížinné oblasti. Vůbec nejnižší průměrné rychlosti větru lze najít v uzavřených údolích a kotlinách, a dále v oblastech s velkým zastoupením lesních porostů či vysokou mírou urbanizace, kde rychlosti větru snižuje zvýšená drsnost povrchu.

Pokud se jedná o praktické využití potenciálu větru pro výrobu energie, což byl hlavní účel vytvoření větrné mapy, je nutno vedle faktoru větrných podmínek brát v úvahu také nejrozličnější omezení charakteru technicko-ekonomického (například možnosti připojení k elektrické síti), environmentálního (ochrana přírody, hlukové limity) či společenského (souhlas obyvatel, přístup místních úřadů a politiků). Je zřejmé, že největrnější místa na hřebenech hor pro výstavbu větrných elektráren nepřípadají v úvahu z důvodu ochrany přírody a krajiny, mnohem perspektivnější jsou lokality v rámci nižších pohoří a vrchovin. V tomto ohledu zvláště vynikají tři oblasti, Krušné hory, Českomoravská vrchovina a Nízký Jeseník. S průměrnými rychlostmi i přes 7 m/s ve výšce 100 m jsou z těchto oblastí největrnějšími ploché hřebeny a náhorní plošiny

Krušných hor, proto právě sem od počátku směřoval největší zájem o výstavbu větrných elektráren. V současné době větrné elektrárny v Krušných horách tvoří přibližně 50 % veškeré kapacity instalované v České republice. V rámci ostatních míst s průměrnými rychlostmi větru nad 6 m/s ve 100 m nad zemí, což lze v současné době přibližně považovat za hranici rentability pro větrné elektrárny, záleží v praxi spíše na vstřícnosti státní správy a obyvatelstva než na množství příhodných lokalit. Proto lze více větrných elektráren nalézt například v Ašském výběžku či na Drahanské vrchovině než v mnohem rozsáhlejšímu prostoru Českomoravské vrchoviny.

4.4.1 Větrná mapa pro výšku 10 m

Dodatečně byla věnována pozornost též výpočtu větrné mapy ve výšce 10 m nad zemí. Tato v meteorologii standardní výška měření je reprezentativní pro většinu praktických aplikací mimo obor větrné energetiky. V rámci využití větrné energie je výška 10 m relevantní pro segment tzv. malých větrných elektráren, které však v praxi nemají dobré uplatnění. Výpočet větrné mapy pro výšku 10 m (Hanslian et al., 2013a, 2013b) byl proveden analogicky výpočtu původní větrné mapy, opět se tedy jedná o kombinaci modelů VAS/WASP a PIAP v poměru 7:3. Výsledek výpočtu ukazuje obr. 4.20.



Obr. 4.20 Větrná mapa pro výšku 10 m nad povrchem. Autor obrázku: Jiří Hošek

Z výsledku vyplývá, že typická průměrná rychlost větru na našem území ve výšce 10 m se pohybuje okolo 3 až 3,5 m/s. Tyto rychlosti větru se typicky vyskytují například v níže položených regionech na lokalitách otevřených vůči proudění vzduchu nebo na méně otevřených lokalitách ve středních polohách. Vyšší rychlosti větru se vyskytují na místech exponovaných vůči převládajícím směrům větru a obecně ve vyšších polohách, pokud zároveň

není rychlost větru výrazněji snížena lokálními okolnostmi (místa v údolí, lesnaté oblasti ap.). V prostoru našich vrchovin lze na vyvýšených a otevřených místech očekávat převážně rychlosti větru kolem 4 m/s ve výšce 10 m nad povrchem, ve výrazněji exponovaných polohách ve výškách nad 600 m n.m. se průměrná rychlost větru v 10 m může blížit až 5 m/s. Ještě výrazně vyšší průměrné rychlosti větru budou dosahovány na nejexponovanějších horských hřebenech a vrcholcích.

Naopak v místech vůči proudění málo otevřených, tedy v údolích či kotlinách a v řadě případů též v podhůří horských celků lze očekávat průměrné rychlosti větru mezi 2,5 a 3 m/s. Rychlosti větru mohou být také snižovány výskytem rozsáhlejších lesních porostů či rozsáhlé zástavby v širším okolí lokality. Ty vedou ke zvýšení drsnosti povrchu a k redukci rychlosti větru z příslušných směrů až o desítky procent. Vlivy drsnosti i orografie se navzájem sčítají, takže například v lesnatých údolích či urbanizovaných kotlinách mohou být průměrné rychlosti větru i pod 2 m/s. Dále mohou zásadním způsobem mohou modifikovat větrné podmínky také lokální překážky, jak bylo diskutováno v [kapitole 2.6](#).

4.5 Diskuze a validace dosažených výsledků

Je samozřejmé, že i prezentovaná větrná mapa obsahuje určité nepřesnosti vyplývající z použitých dat a výpočetních postupů, byť tyto nepřesnosti jsou zřejmě menší než u jejích předchůdců. V první řadě se jedná o nedostatky jednotlivých modelů, které se pak promítají i do celkového výsledku. Ty se sice částečně kompenzují použitím kombinace různorodých modelů VAS/WAsP a PIAP, toto řešení však pochopitelně nemůže odstranit veškeré chyby. U obou modelů jde v první řadě o limity přesnosti výpočtu v oblastech s velmi členitými orografickými podmínkami a velkými výškovými rozdíly, tedy v horských oblastech a v jejich podhůří. Samotný model VAS/WAsP dále v některých případech způsobuje systematické podhodnocování či nadhodnocování výsledku v oblastech s nedostatkem reprezentativních referenčních stanic. Model PIAP nadhodnocuje vypočtené rychlosti větru na rozsáhlejších horských hřebenech a naopak v lokálním měřítku deformuje vypočtené pole větru díky své shlazené orografii.

Vzhledem k dostatečnému časovému odstupu od doby vytvoření větrné mapy bylo možné dodatečně ověřit její přesnost s využitím nezávislých měření, která v době jejího vytvoření nebyla známa. Jedná se celkem o 15 stožárových měření větru a jedno měření větru na větrné elektrárně ve výškách od 35 do 90 m nad zemí a s trváním měření od 12 do 26 měsíců. Tato měření byla zpracována shodným způsobem jako původní vstupní data do modelu VAS/WAsP. Naměřené větrné podmínky byly nejprve vyhodnoceny a převedeny na shodné období 1997 - 2006. Následně byly tyto výsledky pomocí modelu WAsP přepočteny do výšky 100 m nad zemí, kde bylo možno je porovnat s hodnotami větrné mapy.

Protože použítá data jsou důvěrná a není možno zveřejnit jejich polohu (jednotlivá měření jsou proto pojmenována anonymními písmeny A-R) ani jiné adresnější informace, pokusil jsem se alespoň o obecný popis okolního terénu. Vedle obecné charakteristiky okolního terénu je číselně charakterizována jeho členitost. K tomu byly vypočteny průměrná hodnota parametru drsnosti (z_0) a koeficient RIX ([Bowen & Mortensen, 2004](#)), který definuje procento svahů

strmějších než 30 % v okruhu 3,5 km od místa měření. Dále je uvedena relativní výška okolního terénu vůči nadmořské výšce místa měření, parametrizovaná odchylkou nejnižšího a nejvyššího reprezentativního bodu ve vzdálenosti do 4 km od místa měření.

ID	nadm. výška [m]	z ₀ [m]	RIX [%]	výškové rozdíly [m]	odchylka od měření [m/s]		
					VAS/WAsP	PIAP	větrná mapa
A	200	0,12	0	-10/100	0,19	-0,27	0,05
B	300	0,08	0	-20/50	0,20	0,37	0,25
C	300	0,10	0,2	-100/50	0,12	-0,19	0,03
D	300	0,09	0	-70/100	0,54	0,83	0,63
E	400	0,12	0,9	-50/50	-0,38	-0,60	-0,44
F	400	0,20	1	-130/130	0,64	-0,18	0,39
G	400	0,24	5,7	-100/50	0,71	0,54	0,66
H	400	0,19	1,4	-120/200	0,10	0,40	0,19
I	500	0,27	0,6	-150/50	0,02	0,63	0,20
J	500	0,28	0,6	-100/50	0,03	0,64	0,21
K	600	0,19	1,8	-200/10	-0,07	1,20	0,31
L	600	0,22	3,9	-150/200	-0,23	1,12	0,18
O	600	0,22	2,1	-200/0	0,53	1,04	0,68
P	700	0,18	2,1	-200/100	0,83	0,09	0,61
Q	700	0,17	0,2	-100/30	0,26	0,97	0,47
R	700	0,35	0,8	-200/130	0,28	-1,01	-0,11
střední kvadratická chyba (RMSE)					0,41	0,72	0,40
systematická odchylka (bias)					0,24	0,35	0,27

Tab. 4.3 Porovnání průměrných rychlostí větru podle modelů VAS/WAsP, PIAP a výsledné větrné mapy pro výšku 100 m s výsledky odvozenými z nových stožárových měřených větru.

Výsledek validace shrnuje [tabulka 4.3](#). Z tabulky je zřejmé, že velikosti rozdílů mezi vypočtenými a reálnými hodnotami se s výjimkou modelu PIAP pohybují převážně v řádu nižších desetin m/s a oba použité modely i konečná větrná mapa přitom vypočtené rychlosti větru spíše nadhodnocují. V obou aspektech dává lepší výsledky model VAS/WAsP než model PIAP, nejlépe však vychází výsledná větrná mapa, což potvrzuje oprávněnost použité metody. Zejména v případě největších chyb jednotlivých modelů (měření K, L, P, R) vede kombinace modelů ke zřetelnému zlepšení. Velikost chyb v případě jednotlivých lokalit přibližně odpovídá očekávání, obecně jsou chyby větší v místech se složitějšími orografickými podmínkami. K nadhodnocování vypočtených rychlostí větru dochází spíše v oblastech, kde mají velkou váhu měření z profesionálních stanic, jeho příčinou proto může být nedostatečná kompenzace předpokládaného efektu nadhodnocení naměřených rychlostí větru na anemometrech umístěných nad střechami budov (viz [kapitolu 2.5](#)).

5. Závěr

Předložená dizertační práce se zaměřila na tři tematické okruhy, které patří mezi nejpálčivější otázky související se zpracováním a analýzou výsledků měření větru.

V první části práce ([kapitola 2](#)) byly analyzovány okolnosti ovlivňující výsledky měření větru, zejména vlivy související s jeho umístěním. Poznatky z dostupné literatury ukazují, že dobrá kvantifikace těchto vlivů je obtížná a jen málo prací se na ni podrobněji zaměřuje (určitou výjimkou je dobře zpracované téma vlivu měřicího stožáru na měření větru na postranním výložníku).

V praktickém ohledu lze spíše zhodnotit, do jaké míry dané měření splňuje minimální standardy na něj kladené. Zde je značný rozdíl mezi běžnými meteorologickými měřeními a měřeními určenými pro výzkumné účely či pro využití ve větrné energetice. V případě standardů pro běžná meteorologická měření ([WMO, 2008](#)) je reflektována skutečnost, že umístění větru do málo ovlivněného prostředí je na řadě meteorologických stanic nemožné či obtížně realizovatelné. Měření splňující tyto základní požadavky ale stále nemusejí být pro řadu účelů dostatečně přesná. Například pro měření větru ve větrné energetice proto existují požadavky mnohonásobně přísnější ([IEA, 1999](#), [MEASNET, 2008](#)). Tento rozdíl je třeba mít na paměti i při využití měření větru pro jiné aplikace.

Mezi často podceňované skutečnosti patří efekt umístění anemometru nad střechou budovy, kde ve výškách umístění anemometru obvykle dochází k zesílení větru. Nepodařilo se mi nalézt studii, kde by byla velikost tohoto nadhodnocení obecně kvantifikovaná, pokusil jsem se proto na základě postupu nalezeného v literatuře alespoň o orientační odhad zesílení větru měřeného nad typizovanou budovou české profesionální meteorologické stanice. Přestože jde o velmi zjednodušující výpočet, jeho výsledky naznačují, že nadhodnocení rychlostí větru může být poměrně značné. K dosažení přesnějšího odhadu by bylo nutno vyjít z výsledků numerických simulací proudění, fyzického modelování ve větrném tunelu či srovnávacích měření v reálném prostředí.

Na výsledky měření může mít vliv také celá řada dalších okolností, z nichž některým se prakticky nelze vyhnout. Například při měření větru v urbanizovaných či výrazněji zalesněných oblastech bude vždy přítomen vliv překážek v okolí stanice. Vedle toho se lze setkat s vlivy méně nevyhnutelnými, jako jsou překážky typu antén, nevhodně situovaných výložníků či okolních senzorů v blízkosti měření větru. Také vliv těchto blízkých objektů bývá v praxi často velmi podceňován.

Veškeré zmíněné vlivy díky své proměnlivosti v čase vedou ke vzniku nehomogenit v časových řadách větru. Například [Borget et al \(2007\)](#) identifikovali v celé Francii ze 165 měření větru pouze 28 s alespoň 10-letým "stabilním" obdobím a pouze 5 až 7 měření, kde takové období trvalo 18 let. K podobným závěrům by zřejmě bylo možno dojít i v případě měření v jiných geografických oblastech včetně území ČR. Je zřejmé, že pro dosažení skutečně dlouhodobě homogenní řady by bylo třeba úzkostlivého, dlouhodobého a vědomého úsilí o zamezení jakýmkoli změnám v okolí senzoru či v jeho poloze. Současně by mělo probíhat další měření větru na jednom, lépe však alespoň dvou blízkých senzorech, aby bylo možno odhalit a kvantifikovat případné problémy. Dlouhodobé dodržování takového standardu u běžných

meteorologických stanic není v praxi reálné. Teoreticky by však podle mého názoru mohlo mít přínos zavedení malého počtu takto navržených "referenčních" měření, která by pak mohla sloužit k důvěryhodnému sledování dlouhodobých změn větrných podmínek.

Druhá část práce se zabývá metodami prodloužení a doplnění časových řad větru včetně návrhu a testování vlastních metod. Dosažené výsledky ukazují, že:

- jako optimální referenční řada pro prodloužení časové řady větru se ve většině případů jeví vítr odvozený z reanalýz, a to obvykle modelový vítr na výškové úrovni nejlépe reprezentující skutečnou výšku měření větru (alespoň v případě zkoumaných reanalýz ERA Interim a MERRA),

- využití měření větru na pozemní stanici jako referenční řady má smysl v případech, kdy se toto měření nachází v blízkosti a v podobných geograficko-klimatických podmínkách, jako má cílová (prodlužovaná či doplňovaná) časová řada. Obecně nevhodná jsou pro tento účel pozemní měření větru v uzavřených kotlinách či v místech s výraznou orografickou deformací proudění. Pro prodloužení na dlouhodobý normál je využití pozemních měření problematické z důvodu rizika nehomogenit, jejich aplikace je proto vhodná spíše pro doplnění výpadků dat či méně rozsáhlého prodloužení (například na dobu jednoho roku),

- vlastní metody pro doplňování a prodlužování časových řad větru (Metoda 1 a Metoda 2) vedou ke značnému zlepšení simulace větrných podmínek mimo dobu měření vůči "Nulové metodě" i vůči jednoduchým konkurenčním metodám. Obě tyto metody jsou univerzální, neboť dokáží dobře simulovat jak parametry rychlosti větru (průměrnou rychlost větru, průměrnou hustotu výkonu, rozdělení rychlostí větru), tak i větrnou růžici. Výhodou je i přibližná simulace časové řady větru, díky které lze například odvodit větrné podmínky v konkrétním měsíci nebo roce,

- porovnání různých variant vlastních metod ukázalo, že obě korekce zahrnuté v obou metodách mají opodstatnění. Dále se potvrdilo, že je vhodné uvažovat členění dat do kategorií podle směrů větru do 12 nebo 36 sektorů. Přínos členění podle denního či ročního chodu není jednoznačný. Jako výhodnější se jeví spíše nižší požadavky na minimální počet trénovacích dat ve sloučených kategoriích.

Domnívám se, že prezentované vlastní metody mohou mít díky své jednoduchosti a univerzálnosti i v mezinárodním měřítku reálný praktický význam. Dalším krokem by mohlo být jejich porovnání s jinými komplexními metodami. Bylo by přitom vhodné pokud možno vycházet z originálních algoritmů těchto metod, nebo ideálně umožnit provedení srovnávacích simulací jejich samotnými autory, podobně jako tomu bylo při srovnávacích testech modelů proudění (Durante et al., 2007, Riedel & Durante, 2008, Bechmann et al., 2011). V rámci vlastních metod shledávám prostor ke zlepšení v oblasti optimalizace algoritmu pro slučování kategorií a případně ve vývoji korekcí některých zjištěných tendencí k systematickým odchylkám.

Třetí část práce se zaměřuje na analýzu větrných podmínek v ploše České republiky. Za tímto účelem byla vytvořena tzv. větrná mapa ČR, na jejímž výpočtu jsem se podílel zejména z hlediska přípravy a aplikace vstupních větroměrných dat. Primární větrná mapa pro výšku 100 m nad povrchem se vztahuje k výšce moderních větrných elektráren a identifikuje oblasti

potenciálně vhodné pro jejich výstavbu. Jedná se zejména o vrcholové partie Krušných hor a vyšší polohy vrchovin, konkrétní možnosti však ovlivňuje též řada environmentálních, sociálních, legislativních a technických faktorů. Dodatečně byla též vypočtena větrná mapa pro v meteorologii obvyklou výšku 10 m.

Dodatečná verifikace výsledků větrné mapy ČR na základě nezávislých měření větru ukázala celkově dobrou přesnost dosaženého výsledku, avšak současně jeho systematické nadhodnocení. To je zřejmě výsledkem podcenění výše diskutovaného efektu nadhodnocování rychlostí větru při měření nad střechami meteorologických stanic.

Pro možné budoucí další zpřesnění výpočtu větrných podmínek na území ČR existují v principu dvě cesty.

Za prvé je možné dále zdokonalit použitý přístup, ať již jde o fyzikální a matematické postupy modelu PIAP nebo o aplikaci modelu VAS/WAsP. Tuto cestu komplikuje skutečnost, že zdokonalení fyzikálního popisu reality modelem PIAP či jeho vyšší prostorové rozlišení by vedly ke značnému nárůstu potřebné výpočetní kapacity, u modelu VAS/WAsP je zase limitem množství existujících měření větru o přijatelné kvalitě.

Druhou cestou je použití zcela odlišného principu použitého například při výpočtu větrného atlasu Finska ([Tammelin et al., 2013](#)) či v řadě různých komerčních aplikací (např. [AWS Truepower, 2012](#)). Jde o aplikaci standardního numerického předpovědního modelu ve vysokém prostorovém rozlišení (takto lze reálně dosáhnout rozlišení na úrovni nižších jednotek km) a využití těchto výsledků pro následný detailní výpočet modelem WAsP či jiným prostředkem pro simulaci větrných podmínek v mikroměřítku. Tento postup může být při správném provedení poměrně přesný, nevýhodou je však jeho velká technická i výpočetní náročnost.

Literatura

- Anderson, M. (2004). *A review of MCP techniques*. RES Report 01327R00022.
- Achberger, C., Ekström, M., & Barring, L. (2002). Estimation of local near-surface wind conditions—a comparison of WASP and regression based techniques. *Meteorological Applications*, **9**(2), 211-221.
- Albrecht, C., & Klesitz, M. (2007). Long-term correlation of wind measurements using neural networks. In: *Proceedings of the European wind energy conference*.
- AWS Truepower (2012). *Description of the MesoMap system*. Dostupné z: <https://www.awstruepower.com/knowledge-center/technical-papers/>
- Bass, J. (2009). MCP: Pitfalls & common mistakes. In: *AWEA wind resource & project assessment workshop*, Minneapolis, MN, USA; 30 September–1 October 2009.
- Barchet, W. R., & Davis, W. E. (1987). *Estimating long-term mean winds from short-term wind data*. Pacific Northwest Labs., Richland, WA, USA. Report Number PNL-4785.
- Bechmann, A., & Sørensen, N. N. (2010). Hybrid RANS/LES method for wind flow over complex terrain. *Wind Energy*, **13**(1), 36-50.
- Bechmann, A., Sørensen, N. N., Berg, J., Mann, J., & Réthoré, P. E. (2011). The Bolund experiment, part II: blind comparison of microscale flow models. *Boundary-layer meteorology*, **141**(2), 245-271.
- Beltrán, J., Coscolluela, L., Pueyo, C., & Melero, J. J. (2010). Comparison of measure-correlate-predict methods in wind resource assessments. In: *Proceedings of the European wind energy conference*.
- Bilgili, M., Sahin, B., & Yasar, A. (2007). Application of artificial neural networks for the wind speed prediction of target station using reference stations data. *Renewable Energy*, **32**(14), 2350-2360.
- Borget, V., Monnier, P. A., & Strack, M. (2007). Long-term scaling of site measurements: evaluation of long-term meteorological data in france and comparison of correlation methods. *DEWI Magazin*, **30**, 61-68.
- Boyo, A. O., & Adeyemi, K. A. (2012). Analysis of Solar Radiation data From Satellite and Nigeria Meteorological Station. *International Journal of Renewable Energy Research*, **1**(4), 314-322.
- Bowen, A. J., & Mortensen, N. G. (2004). *WASP prediction errors due to site orography*. Risø National Laboratory, Røskilde, Denmark.

- Brádka, J., et al. (1961): *Počasi na území Čech a Moravy při typických povětrnostních situacích*. HMÚ, Praha.
- Brázdil, R., & Štekl, J. (1986). *Cirkulační poměry a atmosférické srážky na území ČSSR*. Univerzita J. E. Purkyně, Brno.
- Brázdil, R., et al. (1999). *Klimatické poměry Milešovky*. Academia, Praha.
- Brower, M. C., et al. (2012). *Wind resource assessment: a practical guide to developing a wind project*. M. Brower (Ed.). John Wiley & Sons.
- Brunskill, A. W., & Lubitz, W. D. (2012). A neural network shelter model for small wind turbine siting near single obstacles. *Wind & Structures*, **15**(1), 43-64.
- Busch, N. E., & Kristensen, L. (1976). *Cup anemometer overspeeding*. Risø report No. 339.
- Calábek, V. (1961). Převládající směry větrů na Moravě a ve Slezsku. *Meteorologické Zprávy*, **14**, 100-113.
- Carta, J. A., & Mentado, D. (2007). A continuous bivariate model for wind power density and wind turbine energy output estimations. *Energy conversion and Management*, **48**(2), 420-432.
- Carta, J. A., & Velázquez, S. (2011). A new probabilistic method to estimate the long-term wind speed characteristics at a potential wind energy conversion site. *Energy*, **36**(5), 2671-2685.
- Carta, J. A., Velázquez, S., & Cabrera, P. (2013). A review of measure-correlate-predict (MCP) methods used to estimate long-term wind characteristics at a target site. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, **27**, 362–400.
- Clive, P. J. (2008). Non-linearity in MCP with Weibull distributed wind speeds. *Wind Engineering*, **32**(3), 319-323.
- Conrad, V., & Pollak, L. W. (1950). *Methods in climatology*, 2nd Edition. Harvard university press, Cambridge, MA.
- Corotis, R. B. (1976). *Stochastic modelling of site wind characteristics*. Final report (No. ERDA/NSF/00357-76/1). Northwestern Univ., Evanston, IL (USA). Dept. of Civil Engineering.
- Coufal, L. (1963). Větrné poměry Churáňova. *Meteorologické Zprávy*, **16**, 41-45.
- Čermák, J., Svoboda, J., & Štekl, J. (2002). Větrné poměry ve výškách osy rotoru větrných elektráren. *Větrná energie*, **17** (2/02), 15-17.
- Černíkovský, L. (1988). Proudění v mezní vrstvě atmosféry na stanici Praha-Libuš v letech 1978-1986. *Meteorologické Zprávy*, **39**, 70-72.

- Červený, J., et al. (1984). *Podnebí a vodní režim ČSSR*. SZN Praha.
- ČMeS (2014). *Meteorologický slovník terminologický a výkladový*. Pracovní elektronická verze. Cit. 15.2.2014.
- Dabberdt, W. F. (1968). Tower-induced errors in wind profile measurements. *Journal of Applied Meteorology*, **7**(3), 359-366.
- Dalpé, B., & Masson, C. (2007). Recommended Practices When Analyzing Wind Flow Near a forest Edge With Wasp. In: *Proceedings of the European wind energy conference*.
- Deane, J. P., Moehrlen, C. S., & McKeogh, E. J. (2001). Wind data analysis. In: *Proceedings of the European wind energy conference*, 846–9.
- Dee, D. P., Uppala, S. M., Simmons, A. J., Berrisford, P., Poli, P., Kobayashi, S., ... & Vitart, F. (2011). The ERA-Interim reanalysis: Configuration and performance of the data assimilation system. *Quarterly Journal of the Royal Meteorological Society*, **137**(656), 553-597.
- Defant, A. (1924). *Die Windverhältnisse in Gebiete der ehemaligen Österr.-ungar. Monarchie*.
- Dellwik, E., Landberg, L., & Jensen, N. O. (2004). *WAsP in the forest*. In: *Proceedings of the European wind energy conference*.
- Dellwik, E., Mann, J., & Larsen, K. S. (2010). Flow tilt angles near forest edges--Part 1: Sonic anemometry. *Biogeosciences*, **7**(5). 1745-57.
- Derrick, A. (1992). Development of the measure-correlate-predict strategy for site assessment. In *Proceedings of the 14th BWEA Conference*, 259-265.
- Durante, F., Riedel, V., Bunse, U., Busche, P., & Mellinghoff, H. (2007). Round robin numerical flow simulation in wind energy, Part 1: Description of test. *DEWI Magazine*, **31**, 19-26.
- EMD International A/S (2008). *WindPRO 2.6 User Guide*. Aalborg, Denmark. Dostupné z: <http://www.emd.dk/download/UK-WindPRO2.6-manual.pdf>.
- Enveco GmbH. *BDB Index – general information*. Dostupné z: <http://enveco.de/enveco.php?lang=en&content=0301>. Staženo 15.5.2014.
- Farrugia, R. N., & Sant, T. (2013). Modelling wind speeds for cup anemometers mounted on opposite sides of a lattice tower: A case study. *Journal of Wind Engineering and Industrial Aerodynamics*, **115**, 173-183.
- Foken, T. (2008). *Micrometeorology*. Springer.

- Frank, H. P., Rathmann, O., Mortensen, N. G., & Landberg, L. (2001). *The numerical wind atlas-the KAMM/WAsP method*. Risø National Laboratory, Røskilde, Denmark. ISBN 87-550-2909-4.
- Fuksová, M. (2012). *Větrné poměry Brna a okolí*. Bakalářská práce. Geografický ústav PřF MU, Brno.
- Gao, Y., & Chow, W. K. (2005). Numerical studies on air flow around a cube. *Journal of Wind Engineering and Industrial Aerodynamics*, **93**(2), 115-135.
- García-Rojo, R. (2004). Algorithm for the estimation of the long-term wind climate at a meteorological mast using a joint probabilistic approach. *Wind Engineering*, **28**(2), 213-223.
- Gill, G.C., Olsson, L. E., Sela, J., & Seda, M. (1967). Accuracy of wind measurements on towers or stacks. *Bulletin of the American Meteorological Society*, **48**, 665-674.
- glossary.ametsoc.org. *Meteorological Glossary*. American Meteorological Society. Cit. 3.3.2014
- Gregor, A. (1953). Příspěvek k charakteristice "místního" počasí na jižní Moravě. *Meteorologické Zprávy*, **6**, 53-57.
- Gregor, Z. (1957). Orografické deformace jihovýchodního proudění ve střední Evropě. *Meteorologické Zprávy*, **10**, 3-6.
- Haines-Young, R., Weber, J. L., et al. (2006). *Land accounts for Europe 1990–2000: Towards integrated land and ecosystem accounting*. EEA, Copenhagen, Denmark.
- Hambálek, J. (1950). Vliv Föhnu na kvalitu podnebí v Horní Čeladné. *Meteorologické Zprávy*, **3**, 9-14.
- Hanslian, D., Jež, J., Kerum, J. (2005). Srovnávací měření větru na Milešovce. *Seminář České meteorologické společnosti*, Teplice.
- Hanslian, D., Hošek, J., Chládová, Z., Pop, L., Svoboda, J., & Štekl, J. (2007). *Určení technického potenciálu větrné energie na území České republiky*. Výzkumná zpráva. Ústav fyziky atmosféry AV ČR, Praha.
- Hanslian, D., Hošek, J., & Štekl, J. (2008). *Odhad realizovatelného potenciálu větrné energie na území České republiky*. Ústav fyziky atmosféry AV ČR, Praha. Dostupné z: http://www.ufa.cas.cz/vetrna-energie/doc/potencial_ufa.pdf.
- Hanslian, D. & Pop, L. (2008). The technical potential of wind energy and a new wind atlas of the Czech Republic. In: *Proceedings of the European wind energy conference*.
- Hanslian, D. (2008). Two measure-correlate-predict methods and their performance. In: *Proceedings of the European wind energy conference*.

- Hanslian, D. (2011). Technický potenciál větrné energie v České republice. *Energetika*, **61**(8-9), 467-471.
- Hanslian, D., Chládová, Z., Pop, L., & Hošek, J. (2012). Modely pro konstrukci větrných map v ČR. *Meteorologické zprávy*, **65**(2), 36-44.
- Hanslian, D., Hošek, J., Chládová, Z., & Pop, L. (2013a). Větrné podmínky v České republice ve výšce 10 m nad povrchem I. *TZB-info*, publikováno 15.4.2013. Dostupné z: <http://oze.tzb-info.cz/vetrna-energie/9770-vetrne-podminky-v-ceske-republice-ve-vysce-10-m-nad-povrchem-i>
- Hanslian, D., Hošek, J., Chládová, Z., & Pop, L. (2013b). Větrné podmínky v České republice ve výšce 10 m nad povrchem II. *TZB-info*, publikováno 22.4.2013. Dostupné z: <http://oze.tzb-info.cz/vetrna-energie/9770-vetrne-podminky-v-ceske-republice-ve-vysce-10-m-nad-povrchem-ii>
- Hanslian, D., Chládová, Z., Pop, L., & Hošek, J. (2014). Větrná mapa České republiky ve výšce 100 m nad povrchem. *Meteorologické zprávy*. [přijato k publikaci]
- Harman, I. N., & Finnigan, J. J. (2007). A simple unified theory for flow in the canopy and roughness sublayer. *Boundary-layer meteorology*, **123**(2), 339-363.
- Harstveit, K. (2004). Estimating long-term wind distributions from short-term data set using a reference station. In: *Proceedings of the European wind energy conference*.
- Holý, D. (1984). Větrné poměry na severních a jižních svazích Nízkých Tatier v oblasti Chopka. *Meteorologické Zprávy*, **37**, 52-58.
- Hošek, J. (2000). Určení zásoby větrné energie lokalit pomocí dánského programu WAsP. *Větrná energie*, **12**, 8-10.
- Hošek, J. (2006). Sodarová měření vertikálního profilu rychlosti větru na lokalitě Rusová v Krušných horách. *Větrná energie*, **22**, 21-23.
- Hrdá, J., & Sobíšek, B. (1993). Vztah mezi nadmořskou výškou meteorologických stanic a úhlem stočení vektoru větru v měsíčních a ročních polích. *Meteorologické Zprávy*, **46**, 1-3.
- Hunt, K., & Nason, G. P. (2001). Wind speed modelling and short-term prediction using wavelets. *Wind Engineering*, **25**(1), 55-61.
- Chmelík, M. (1988a): Termická cirkulácia nad Popradskou kotlinou. *Meteorologické Zprávy*, **41**, 73-76.
- Chmelík, M. (1988b). Vplyv orografie na prúdenie v spodnej troposfére za vybraných synoptických situácií. *Meteorologické Zprávy*, **41**, 104-108.
- IEA (1999). Recommended practices for wind turbine testing and evaluation. Wind speed measurement and use of cup anemometry.

- Il'ko, J. (1985). Reprezentativnosť meraní vetra na Lomnickom štíte v porovnaní s prúdením vo voľnej atmosfére. *Meteorologické Zprávy*, **38**, 112-115.
- Jasinski, M. F., & Crago, R. D. (1999). Estimation of vegetation aerodynamic roughness of natural regions using frontal area density determined from satellite imagery. *Agricultural and Forest Meteorology*, **94**(1), 65-77.
- Joensen, A., Landberg, L., & Madsen, H. (1999). A new measure-correlate-predict approach for resource assessment. In: *Proceedings of the European wind energy conference*, 1157-60.
- Justus, C. G., Mani, K., & Mikhail, A. S. (1979). Interannual and month-to-month variations of wind speed. *Journal of Applied Meteorology*, **18**(7), 913-920.
- Kalnay, E., Kanamitsu, M., Kistler, R., Collins, W., Deaven, D., Gandin, L., ... & Joseph, D. (1996). The NCEP/NCAR 40-year reanalysis project. *Bulletin of the American meteorological Society*, **77**(3), 437-471.
- King, C., & Hurley, B. (2004). The Moulded Site Data (MSD) wind correlation method; description and assessment. *Wind Engineering*, **28**(6), 649-666.
- King, C., & Hurley, B. (2005). The SpeedSort, DynaSort and Scatter wind correlation methods. *Wind Engineering*, **29**(3), 217-242.
- Kline, J. (2002). Effects of tubular anemometer towers on wind speed measurements. In: *Proceedings of AWEA Windpower conference*.
- Kolektiv autorů (1958). *Atlas podnebí Československé republiky*. Ústřední správa geodesie a kartografie, Praha.
- Kristensen, L. (1999). The perennial cup anemometer. *Wind Energy*, **2**(1), 59-75.
- Křivancová, S., & Vavruška, F. (1997). Základní meteorologické prvky v jednotlivých povětrnostních situacích na území České republiky v období 1961-1990. *Národní klimatický program*, **27**, Praha.
- Kuřina, P. (1996). Větrné podmínky v jižní části Českomoravské vrchoviny. *Větrná energie*, **4** (1/96), 6-7.
- Kuřina, P. (2001). Vyhodnocení měření větrného potenciálu. *Větrná energie*, **13** (1/01), 11-12.
- Lackner, M. A., Rogers, A. L., & Manwell, J. F. (2008). The round robin site assessment method: A new approach to wind energy site assessment. *Renewable Energy*, **33**, 2019-2026.
- Landberg, L. & Watson, R. (1994). The new Irish Wind Resource Atlas. In: *Proceedings of the European wind energy conference*.
- Landberg, L. (2000). The mast on the house. *Wind Energy*, **3**(3), 113-119.

- LeBlanc, M., Schoborg, D., Cox, S., Haché, A., & Tindal, A. (2009). Is a Non-linear MCP method a useful tool for North American wind regimes? In: *Proceedings of the AWEA 2009 windpower conference and exhibition*.
- Lednický, V, Nekovář, J., Pitner, J. (1971). Větrné poměry Ostravy. *Meteorologické Zprávy*, **24**, 127-130.
- Lindelöw, P. J. P., Pedersen, F. T., Gottschall, J., Vesth, A., Wagner, R., Paulsen, S. U., & Courtney, M. (2010). *Flow distortion on boom mounted cup anemometers*. Danmarks Tekniske Universitet, Risø Nationallaboratoriet for Bæredygtig Energi.
- Mardia, K. V. (1970). *Families of bivariate distributions* (Vol. 27). London: Griffin.
- Pedersen, M. B., Hansen, K. S., Øye, S., Brinch, M., & Febian, O. (1992). Some experimental investigations on the influence of the mounting arrangements on the accuracy of cup-anemometer measurements. *Journal of Wind Engineering and Industrial Aerodynamics*, **39**(1), 373-383.
- McKenzie, J., Clive, P., Chindurza, I., & Bulté, H. (2008). Considering the correlation in measure-correlate-predict techniques. In *Proceedings of the World renewable energy congress*, 2287-2290.
- MEASNET (2008). *Evaluation of site-specific wind conditions*. Version 1. Dostupné z: http://www.measnet.com/wp-content/uploads/2012/04/Measnet_SiteAssessment_V1-0.pdf
- Millward-Hopkins, J. T., Tomlin, A. S., Ma, L., Ingham, D., & Pourkashanian, M. (2012). The predictability of above roof wind resource in the urban roughness sublayer. *Wind Energy*, **15**(2), 225-243.
- Mistaya Engineering Inc. *Windographer* (software). Dostupné z: <http://www.windographer.com/professional-e>. Staženo 15.5.2014.
- Mortimer, A. A. (1994). A new correlation/prediction method for potential wind farm sites. In *Proceeding of the 16th BWEA wind energy conference*.
- Mortensen, N. G., Jørgensen, E. H., Anderson, M., & Hutton, K. A. (2012). Comparison of resource and energy yield assessment procedures. In: *Proceedings of the European wind energy conference*
- Nielsen, M. (1999). A method for spatial interpolation of wind climatologies. *Wind Energy*, **2**(3), 151-166.
- Nielsen, M., Landberg, L., Mortensen, N. G., Barthelmie, R. J., & Joensen, A. (2001). Application of the measure-correlate-predict approach for wind resources assessment. In: *Proceedings of the European wind energy conference*, 773–776.

- Novák, Z. (1985). Geostrofický a skutečný přízemní vítr na meteorologické stanici Ústí nad Orlicí. *Meteorologické Zprávy*, **38**, 50-55.
- Oke, T. R. (2006). *Initial guidance to obtain representative meteorological observations at urban sites*. WMO, Instruments and observing methods report No. 81.
- Oliver, A. & Zarling, K. (2009). Time of Day Correlations for Improved Wind Speed Predictions. In: *Proceedings of the AWEA 2009 windpower conference and exhibition*, Chicago IL, USA.
- Orlando, S., Bale, A., & Johnson, D. A. (2011). Experimental study of the effect of tower shadow on anemometer readings. *Journal of Wind Engineering and Industrial Aerodynamics*, **99**(1), 1-6.
- Otruba, J. (1964). *Veterné pomery na Slovensku*. SAV, Bratislava.
- Papadopoulos, K. H., Stefanos, N. C., Paulsen, U. S., & Morfiadakis, E. (2001). Effects of turbulence and flow inclination on the performance of cup anemometers in the field. *Boundary-Layer Meteorology*, **101**(1), 77-107.
- Paterson, D. A., & Apelt, C. J. (1986). Computation of wind flows over three-dimensional buildings. *Journal of Wind Engineering and Industrial Aerodynamics*, **24**(3), 193-213.
- Perera, M. D. A. E. S. (1981). Shelter behind two-dimensional solid and porous fences. *Journal of Wind Engineering and Industrial Aerodynamics*, **8**(1), 93-104.
- Perea, A. R., Amezcua, J., & Probst, O. (2011). Validation of three new measure-correlate-predict models for the long-term prospection of the wind resource. *Journal of Renewable and Sustainable Energy*, **3**(2).
- Procházka, J. (1975). Větrné poměry Doksan z hlediska aplikace v technické meteorologii. *Meteorologické Zprávy*, **28**, 44-50.
- Perrin, D., McMahon, N., Crane, M., Ruskin, H. J., Crane, L., & Hurley, B. (2007). The effect of a meteorological tower on its top-mounted anemometer. *Applied Energy*, **84**(4), 413-424.
- Petrovič, Š., et al. (1969). *Podnebí ČSSR. Souborná studie*. Hydrometeorologický ústav, Praha.
- Pretel, J. (1976). Příspěvek ke studiu vertikálního profilu rychlosti větru v Kopistech u Mostu. *Meteorologické Zprávy*, **29**, 58-61.
- Ratto, G., & Nico, A. (2012). Preliminary wind analysis regarding different speed ranges in the city of La Plata, Argentina. *Revista Brasileira de Meteorologia*, **27**(3), 281-290.
- Raupach, M. R. (1994). Simplified expressions for vegetation roughness length and zero-plane displacement as functions of canopy height and area index. *Boundary-Layer Meteorology*, **71**(1-2), 211-216.

- Rein, F., & Satrapa, O. (1955). Některé číselné hodnoty ageostrofické složky větru. *Meteorologické Zprávy*, **8**, 43-47.
- Rein, F. (1957). Vítr na Milešovce v letech 1946-1955. *Meteorologické Zprávy*, **10**, 36-41.
- Riedel, V., Strack, M., & Waldl, H. P. (2001). Robust approximation of functional relationships between meteorological data: alternative measure-correlate-predict algorithms. In *Proceedings of the European Wind Energy Conference*, 806-809.
- Riedel, V., & Durante, F. (2008). Harvest time in the mountains: Round robin numerical flow simulation in wind energy, part 2. *DEWI Magazine*, **32**, 12-26.
- Rienecker, M. M., Suarez, M. J., Gelaro, R., Todling, R., Bacmeister, J., Liu, E., ... & Molod, A. (2011). MERRA: NASA's Modern-Era Retrospective Analysis for Research and Applications. *Journal of Climate*, **24**(14).
- Richards, P. J., & Hoxey, R. P. (2006). Flow reattachment on the roof of a 6m cube. *Journal Of Wind Engineering and Industrial Aerodynamics*, **94**(2), 77-99.
- Rogers, A. L., Rogers, J. W., & Manwell, J. F. (2005). Comparison of the performance of four measure–correlate–predict algorithms. *Journal of Wind Engineering and Industrial Aerodynamics*, **93**(3), 243-264.
- Rychetník, V. (1982). Energetický potenciál větru, jeho zjišťování a využívání. *Meteorologické Zprávy*, **35**, 141-145.
- Řepka, M. (2011). Přehled měření větru v České republice. *Meteorologické Zprávy*, **64**(4), 97-106.
- Saba, T. (2002). Effects of tower shading on cup anemometers field data and wind tunnel investigations. In: *Proceedings of NZWEA conference*, Wellington, New Zealand.
- Salmon, J. R., & Walmsley, J. L. (1999). A two-site correlation model for wind speed, direction and energy estimates. *Journal of Wind Engineering and Industrial Aerodynamics*, **79**(3), 233-268.
- Seibert, P. (1990). South foehn studies since the ALPEX experiment. *Meteorology and Atmospheric Physics*, **43**(1-4), 91-103.
- Sheppard, C. J. R. (2009). *Analysis of the measure-correlate-predict methodology for wind resource assessment*. Thesis, Humboldt State University.
- Sládek, I. (2001). Proč jsou Krušné hory o tolik větrnější než Šumava? *Větrná energie*, **13** (1/01), 5-6.
- Sobíšek, B. (1964). Příspěvek k problému reprezentativnosti větroměrných údajů meteorologických stanic. *Meteorologické Zprávy*, **17**, 66-73.

- Sobíšek, B. (1969). Reprezentativnost větroměrných údajů meteorologických stanic v České socialistické republice. In: *Sborník prací HMÚ*, **14**, HMÚ, Praha, 145-182.
- Sobíšek, B. (1982). Metodika kvantitativního hodnocení reprezentativnosti větroměrných údajů získaných ve staniční síti. *Meteorologické Zprávy*, **35**, 103-107.
- Sobíšek, B. (1992). Kontrola kvality větroměrných dat ve staniční síti v České republice v roce 1989. *Národní klimatický program*, **2**, Praha.
- Sobíšek, B. (1995). Reprezentativnost větroměrných dat meteorologických stanic v období 1961-1990. *Meteorologické Zprávy*, **48**, 45-49.
- Sobíšek, B. (2000). Rychlost a směr větru na území České republiky v období 1961-1990. *Národní klimatický program*, **29**, Praha, 86 s.
- Sokol, Z. (1993). *Objektivní analýza na omezené oblasti*. Kandidátská disertační práce, KMOP MFF UK.
- Sokol, Z. & Štekl, J. (1994). 3-D mesoscale analysis of selected elements from SYNOP and SYRED reports. *Meteorologische Zeitschrift*, **3**, 242–246.
- Sokol, Z. & Štekl, J. (1995). Estimation of annual mean ground wind speed over the territory of the Czech Republic. *Meteorologische Zeitschrift*, **4**, 218–222.
- Speirs, J. C., Steinhoff, D. F., McGowan, H. A., Bromwich, D. H., & Monaghan, A. J. (2010). Foehn Winds in the McMurdo Dry Valleys, Antarctica: The Origin of Extreme Warming Events. *Journal of Climate*, **23**(13), 3577-3598.
- Sreelakshmi, K., & Kumar, P. R. (2008). Short term wind speed prediction using support vector machine model. *WSEAS Transactions on Computers*, **7**(11), 1828-1837.
- Sreevalsan, E., Das, S. S., Sasikumar, R., & Ramesh, M. P. (2007). Wind Farm Site Assessment Using Measure–Correlate–Predict (MCP) Analysis. *Wind Engineering*, **31**(2), 111-116.
- Stickland, M., Scanlon, T., Fabre, S., Oldroyd, A., & Mikkelsen, T. (2012, April). Measurement and simulation of the flow field around a triangular lattice meteorological mast. In *European Wind Energy Conference*.
- Stružka, V., & Uhlíř, P. (1952). Měření na větrolamech v Bulharsku. *Meteorologické Zprávy*, **5**, 62-75.
- Stuchlík, F., & Křivánková, H. (1966). Vymezení oblastí s převládajícími směry větru a rychlostí větru v západní polovině ČSSR. *Meteorologické Zprávy*, **19**, 43-48.
- Svoboda, J. (1990). Numerical modeling of the atmospheric boundary layer over a hilly landscape. *Studia Geophysica et Geodetica*, **34**, 67–184.

- Svoboda, J., & Štekl, J. (1994). Mesoscale modelling of a flow modification caused by orography. *Meteorologische Zeitschrift*, **3**, 233–241.
- Svoboda J. (2005). Porovnání měření profilu rychlosti na meteorologickém stožáru s měřením dopplerovským sodarem REMTECH. *Větrná energie*, **21**, 3-5.
- Svoboda, J., Chladova, Z., Pop, L., & Hosek, J. (2013). Statistical-dynamical downscaling of wind roses over the Czech Republic. *Theoretical and Applied Climatology*, **112**(3-4), 713-722.
- Šimek, M. (2000). Větrné poměry letiště Brno-Tuřany a jejich vliv na letový provoz. *Meteorologické Zprávy*, **53**, 16-22.
- Štekl, J., Sokol, Z., Zacharov, P., & Zelený, J. (1993). *Perspektivy využití energie větru pro výrobu elektrické energie na území ČR*. Úvodní studie, části I, II. Výzkumná zpráva. Ústav fyziky atmosféry AV ČR, Praha.
- Štekl J., & Čermák j: (1995). Cirkulace atmosféry a větrná energetika v ČR. *Větrná energie*, **3** (2/95), 4-7.
- Štekl, J., Sobíšek, B., Sokol, Z., Svoboda, J., & Zelený, J. (1995). *Perspektivy využití energie větru pro výrobu elektrické energie na území ČR*. Části III a IV. Ústav fyziky atmosféry AV ČR.
- Štekl, J., Sokol, Z., & Zacharov, P. (1996). Vertikální profil rychlosti větru v mezní vrstvě atmosféry v ČR. *Větrná energie*, **5** (2/96), 3-6.
- Štekl, J., Svoboda, J., & Sokol, Z. (1997). Meteorologie ve větrné energetice. *Větrná energie*, **6**, 1-48.
- Štekl, J. & Hošek, J. (2001a). Přesnost metod VAS a WASP pro určení zásob větrné energie. *Větrná energie*, **13**, 2-4.
- Štekl, J., & Hošek, J. (2001b). Rychlost větru v oblasti atmosférických front z hlediska větrné energetiky. *Větrná energie*, **13** (1/01), 7-10.
- Štekl, J., et al.. (2002). Závěrečná zpráva projektu VaV320/6/00, subprojekt Větrná energie. Ústav fyziky atmosféry AV ČR.
- Štekl, J., & Lhotková, E. (2002). Souvisí název místa s jeho větrným potenciálem? *Větrná energie*, **16**, 22-23.
- Štekl, J., & Chládová, Z. (2009a). Měly větrné mlýny dostatečný potenciál větru? *Meteorologické Zprávy*, **62**, 29-32.
- Štekl, J., & Chládová, Z. (2009b). Souvisí název místa s jeho větrným potenciálem? *Meteorologické Zprávy*, **62**, 179-186.

- Štekl, J., Hanslian, D., Hošek, J., Kerum, J., Sokol, Z., & Svoboda, J. (2004a). *Výzkum vhodnosti lokalit v ČR z hlediska zásob větrné energie a zpracování metodiky pro posuzovací a schvalovací řízení při zavádění větrných elektráren*. Výzkumná zpráva. Ústav fyziky atmosféry AV ČR.
- Štekl, J., Hošek, J., & Svoboda, J. (2004b). Potenciál větrné energie v Krušných horách. *Větrná energie*, **20**, 8–11.
- Štekl, J., & Hošek, J. (2006). Referenční větrný potenciál. *Větrná energie*, **22**, 13-17.
- Tammelin, B., Vihma, T., Atlaskin, E., Badger, J., Fortelius, C., Gregow, H., ... & Venäläinen, A. (2013). Production of the Finnish Wind Atlas. *Wind Energy*, **16**(1), 19-35.
- Taylor, P. A., & Salmon, J. R. (1993). A model for the correction of surface wind data for sheltering by upwind obstacles. *Journal of Applied Meteorology*, **32**(11), 1683-1694.
- Taylor, M., Mackiewicz, P., Brower, M. C., & Markus, M. (2004). An analysis of wind resource uncertainty in energy production estimates. In *Proceedings of the European wind energy conference*.
- Thøgersen, M. L., Motta, M., Sørensen, T., & Nielsen, P. (2007). Measure-correlate-predict methods: case studies and software implementation. In *Proceedings of the European wind energy conference*.
- Tolasz, R., Brázdil, R., Bulíř, O., Dobrovolný, P., Dubrovský, M., Hájková, L., ... & Žalud, Z. (2007). *Atlas podnebí Česka*. Český hydrometeorologický ústav, Universita Palackého.
- Troen, I. E. L. P., & Petersen, E. L. (1989). *European wind atlas*. Risø National Laboratory.
- Tusch, M., Héraud, P., & Masson, C. (2011). Modeling of Turbulent Atmospheric Flow Around Tubular and Lattice Meteorological Masts. *Journal of Solar Energy Engineering*, **133**(1), 011011.
- Vasiljevic, N. (2009). Creating the map of Vojvodina's wind potential using linear interpolation independent of direction. In: *Proceedings of the European wind energy conference*.
- Verhoef, A., McNaughton, K. G., & Jacobs, A. F. G. (1997). A parameterization of momentum roughness length and displacement height for a wide range of canopy densities. *Hydrology and Earth System Sciences Discussions*, **1**(1), 81-91.
- Vermeulen, P. E. J., Abrahamian, A., Maryanyan, A., & Boon, J. D. (2001). Application of Matrix MCP Analysis in Mountainous Armenia. In *Proceedings of the European wind energy conference*, 737-740.
- Voják, K. (2008). Vertikální profil větru u Dukovan. *Větrná energie*, **24**, 18-22.
- Volná, V., & Černíkovský, L. (2005). Výsledky měření systému Sodar-RASS v Ostravě v letech 1998-2003. *Meteorologické Zprávy*, **58**, 171-175.

- Walmsley, J. L., & Bagg, D. L. (1978). A method of correlating wind data between two stations with application to the Alberta oil sands. *Atmosphere-Ocean*, **16**(4), 333-347.
- www.wasp.dk – webové stránky modelu WAsP. Technical University of Denmark.
- Weekes, S. M., & Tomlin, A. S. (2014). Data efficient measure-correlate-predict approaches to wind resource assessment for small-scale wind energy. *Renewable Energy*, **63**, 162-171.
- Wieringa, J. (1993). Representative roughness parameters for homogeneous terrain. *Boundary-Layer Meteorology*, **63**(4), 323-363.
- Wieringa, J. (1996). Does representative wind information exist?. *Journal of Wind Engineering and Industrial Aerodynamics*, **65**(1), 1-12.
- Wilks, D. S. (2006). *Statistical methods in the atmospheric sciences*, Second Edition. Academic Press as an imprint of Elsevier.
- WINEUR (2007). *Report on Resource Assessment*. Intelligent Energy Europe, contract EIE/04/130/S07.38591.
- WMO (2008). *Guide to Meteorological Instruments and Methods of Observation*.
- Wood, N. (1995). The onset of separation in neutral, turbulent flow over hills. *Boundary-Layer Meteorology*, **76**, 137–164.
- Woods, J. C., & Watson, S. J. (1997). A new matrix method of predicting long-term wind roses with MCP. *Journal of Wind Engineering and Industrial Aerodynamics*, **66**(2), 85-94.
- Zhang, J., Hodge, B. M., Florita, A., Lu, S., Hamann H. F., & Banunarayanan V. (2013). Metrics for evaluating the accuracy of solar power forecasting. To be presented at *3rd International Workshop on Integration of Solar Power into Power Systems*, London, England.

Přehled symbolů a zkratek

A	parametr rozměru Weibullova rozdělení
$absmax$	největší absolutní hodnota chyby
A_c^d	hodnota parametru rozměru Weibullova rozdělení pro rychlosti větru na cílové řadě v doplňovaném období
A_c^t	hodnota parametru rozměru Weibullova rozdělení pro rychlosti větru na cílové řadě v trénovacím období
AIM	automatizovaný imisní monitoring
A_r^d	hodnota parametru rozměru Weibullova rozdělení pro rychlosti větru na referenční řadě v doplňovaném období
A_r^t	hodnota parametru rozměru Weibullova rozdělení pro rychlosti větru na referenční řadě v trénovacím období
$a(k)$	koeficient sklonu lineárně regresního vztahu vytvořeného určeného podle termínů spadajících do kategorie k
b	šířka vegetačního elementu (kap. 2.7)
$bias$	systematická chyba
$b(k)$	koeficient posunu lineárně regresního vztahu vytvořeného určeného podle termínů spadajících do kategorie k
ČHMÚ	Český hydrometeorologický ústav
ČMeS	Česká meteorologická společnost
d	výška posunutí povrchu (kap. 2.7)
D	rozestupy mezi vegetačními elementy (kap. 2.7)
$D_c(T^d)$	směr větru na cílové řadě v termínu T^d doplňovaného období
$D_c(T^t)$	směr větru na cílové řadě v termínu T^t trénovacího období
D_n	testovací statistika (dvouvýběrového) Kolmogorovova-Smirnova testu
$D_r(T^d)$	směr větru na referenční řadě v termínu T^d doplňovaného období
$D_r(T^t)$	směr větru na referenční řadě v termínu T^t trénovacího období
$e(T^d)$	reziduum simulované pro termín T^d doplňovaného období
h1 až h6	hodnotící kritéria simulace metodami MCP
f_c^d	funkce rozdělení pravděpodobností na cílové řadě v doplňovaném období
f_r^d	funkce rozdělení pravděpodobností na referenční řadě v doplňovaném období
f_c^t	funkce rozdělení pravděpodobností na cílové řadě v trénovacím období
F	empirická distribuční funkce (vzorec (28))

h	výška vegetačního elementu (kap. 2.7)
i	identifikátor testovacích běhů
IEA	International Energy Agency
I^d	standardizovaná výroba energie v doplňovaném období
k	identifikátor kategorie (až na níže uvedenou výjimku)
k	parametr tvaru Weibullova rozdělení (pouze v souvislosti se zmíněním Weibullova rozdělení)
k_c	identifikátor kategorie vymezené podle cílové řady
k_r	identifikátor kategorie vymezené podle referenční řady
k_c^d	hodnota parametru tvaru Weibullova rozdělení pro rychlosti větru na cílové řadě v doplňovaném (cílovém) období (pouze vzorec (6))
k_c^t	hodnota parametru tvaru Weibullova rozdělení pro rychlosti větru na cílové řadě v trénovacím období (pouze vzorec (6))
k_r^d	hodnota parametru tvaru Weibullova rozdělení pro rychlosti větru na referenční řadě v doplňovaném období (pouze vzorec (6))
k_r^t	hodnota parametru tvaru Weibullova rozdělení pro rychlosti větru na referenční řadě v trénovacím období (pouze vzorec (6))
KSI	Kolmogorovův-Smirnovův integrál
M	počet testovacích běhů
MCP	measure-correlate-predict
n	počet termínů použitých pro verifikaci
N_{k_c}	počet kategorií k_c
N_{k_r}	počet kategorií k_r
$N^t(k)$	počet termínů trénovacího období spadajících do kategorie k
$p^d(k_c)$	pravděpodobnost výskytu kategorie k_c v doplňovaném období
$p^d(k_r)$	pravděpodobnost výskytu kategorie k_r v doplňovaném období
$p_m(k)$	měřená četnost kategorie k v období verifikace
$p_s(k)$	simulovaná četnost kategorie k v období verifikace
$p^t(k_c)$	pravděpodobnost výskytu kategorie k_c v doplňovaném období
$p^d(k_r, k_c)$	pravděpodobnost současného výskytu kategorií k_r a k_c v doplňovaném období
$p^t(k_r, k_c)$	pravděpodobnost současného výskytu kategorií k_r a k_c v trénovacím období
P	hustota výkonu větru
P_c^d	průměrná (cílová) hustota výkonu větru v doplňovaném období

P_c^t	průměrná (cílová) hustota výkonu větru v trénovacím období
r^t	korelace mezi referenční a cílovou řadou v trénovacím období
RIX	koeficient členitosti terénu (ruggedness index)
RMSE	střední kvadratická chyba
RMS	střední kvadratická hodnota
s_c^t	směrodatná odchylka rychlostí větru na cílové řadě v trénovacím období
s_r^r	směrodatná odchylka rychlostí větru na referenční řadě v trénovacím období
t	termín v období verifikace
T^d	termín doplňovaného období
T^x	termín bez časového přiřazení
T^t	termín trénovacího období
$t(T^t)$	interval měření v trénovacím období (tj. "délka termínu")
$t_c(T^x)$	"délka" simulovaného termínu T^x na cílové řadě
v	rychlost větru
$v_c(T^d)$	rychlost větru na cílové řadě v termínu T^d doplňovaného období
$v_c(T^x)$	rychlost větru na cílové řadě v termínu bez časového přiřazení
$v_c(T^t)$	rychlost větru na cílové řadě v termínu T^t trénovacího období
$v_m(t)$	měřená rychlost větru v období verifikace
$v_s(t)$	simulovaná rychlost větru v období verifikace
$v_r(T^d)$	rychlost větru na referenční řadě v termínu T^d doplňovaného období
$v_r(T^t)$	rychlost větru na referenční řadě v termínu T^t trénovacího období
\bar{v}_c^d	průměrná rychlost větru na cílové řadě v doplňovaném období
\bar{v}_c^t	průměrná rychlost větru na cílové řadě v trénovacím období
\bar{v}_r^d	průměrná rychlost větru na referenční řadě v doplňovaném období
\bar{v}_r^t	průměrná rychlost větru na referenční řadě v trénovacím období
$\bar{v}_c^d(k)$	průměrná rychlost větru na cílové řadě v termínech doplňovaného období spadajících do kategorie k
$\bar{v}_c^d(k_c)$	průměrná rychlost větru na cílové řadě v termínech doplňovaného období spadajících do kategorie k_c
$\bar{v}_c^d(k_r, k_c)$	průměrná rychlost větru na cílové řadě v termínech doplňovaného období spadajících současně do kategorií k_r a k_c
$\bar{v}_c^t(k)$	průměrná rychlost větru na cílové řadě v termínech trénovacího období spadajících do kategorie k

$\bar{v}_c^t(k_r, k_c)$ průměrná rychlost větru na cílové řadě v termínech trénovacího období spadajících současně do kategorií k_r a k_c

$\bar{v}_r^d(k)$ průměrná rychlost větru na referenční řadě v termínech doplňovaného období spadajících do kategorie k

$\bar{v}_r^d(k_r)$ průměrná rychlost větru na referenční řadě v termínech doplňovaného období spadajících do kategorie k_r

$\bar{v}_r^t(k)$ průměrná rychlost větru na referenční řadě v termínech trénovacího období spadajících do kategorie k

$\bar{v}_r^t(k_r)$ průměrná rychlost větru na referenční řadě v termínech trénovacího období spadajících do kategorie k_r

WMO World Meteorological Organization

z_0 parametr drsnosti povrchu

α koeficient sklonu v lineárně regresním modelu

β koeficient posunu v lineárně regresním modelu

$\varepsilon(T^d)$ náhodné chyby lineárně regresního modelu

ρ hustota vzduchu

Λ "canopy area index" ([kap. 2.7](#))

λ "frontal area index" ([kap. 2.7](#))

Přílohy

Příloha 1 Výsledky Metody 1 ve standardní variantě pro všechny kombinace referenčních a cílových řad

Příloha 2 Porovnání výsledků pro různé metody

Příloha 3 Porovnání výsledků pro různé varianty výpočetního postupu

Příloha 4 Porovnání variant základního členění kategorií

Příloha 5 Porovnání variant minimálního počtu dat v kategorii

Příloha 1: Výsledky Metody 1 ve standardní variantě pro všechny kombinace referenčních a cílových řad vysvětlivky

reanalízy

zkrácený název	reanalýza	časové rozlišení	prostorové rozlišení	hladina	typ dat
nc_925g	NCEP/NCAR	6h	2,5 × 2,5°	925 hPa	geostrofický vítr
nc_925w	NCEP/NCAR	6h	2,5 × 2,5°	925 hPa	modelový vítr
nc_850g	NCEP/NCAR	6h	2,5 × 2,5°	850 hPa	geostrofický vítr
nc_850w	NCEP/NCAR	6h	2,5 × 2,5°	850 hPa	modelový vítr
era_1000g	ERA Interim	6h	0,75 × 0,75°	1000 hPa	geostrofický vítr
era_1000w	ERA Interim	6h	0,75 × 0,75°	1000 hPa	modelový vítr
era_925g	ERA Interim	6h	0,75 × 0,75°	925 hPa	geostrofický vítr
era_925w	ERA Interim	6h	0,75 × 0,75°	925 hPa	modelový vítr
era_850g	ERA Interim	6h	0,75 × 0,75°	850 hPa	geostrofický vítr
era_850w	ERA Interim	6h	0,75 × 0,75°	850 hPa	modelový vítr
me_2m	MERRA	1h	0,33 × 0,5°	2 m nad povrchem	modelový vítr
me_10m	MERRA	1h	0,33 × 0,5°	10 m nad povrchem	modelový vítr
me_50m	MERRA	1h	0,33 × 0,5°	50 m nad povrchem	modelový vítr
me1_850g	MERRA	1h	0,33 × 0,5°	850 hPa	geostrofický vítr
me1_850w	MERRA	1h	0,33 × 0,5°	850 hPa	modelový vítr

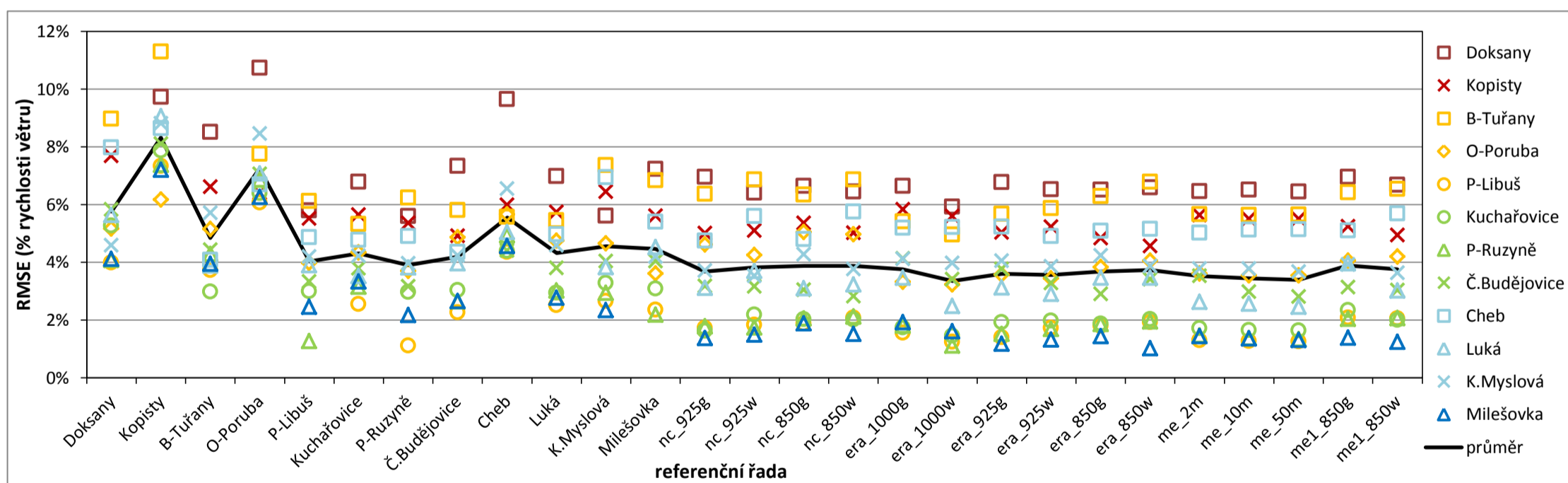
Příloha 1: Výsledky Metody 1 ve standardní variantě pro všechny kombinace referenčních a cílových řad část 1

kritérium: h1 - chyba simulace průměrné rychlosti větru (% skutečné rychlosti větru na cílové řadě)

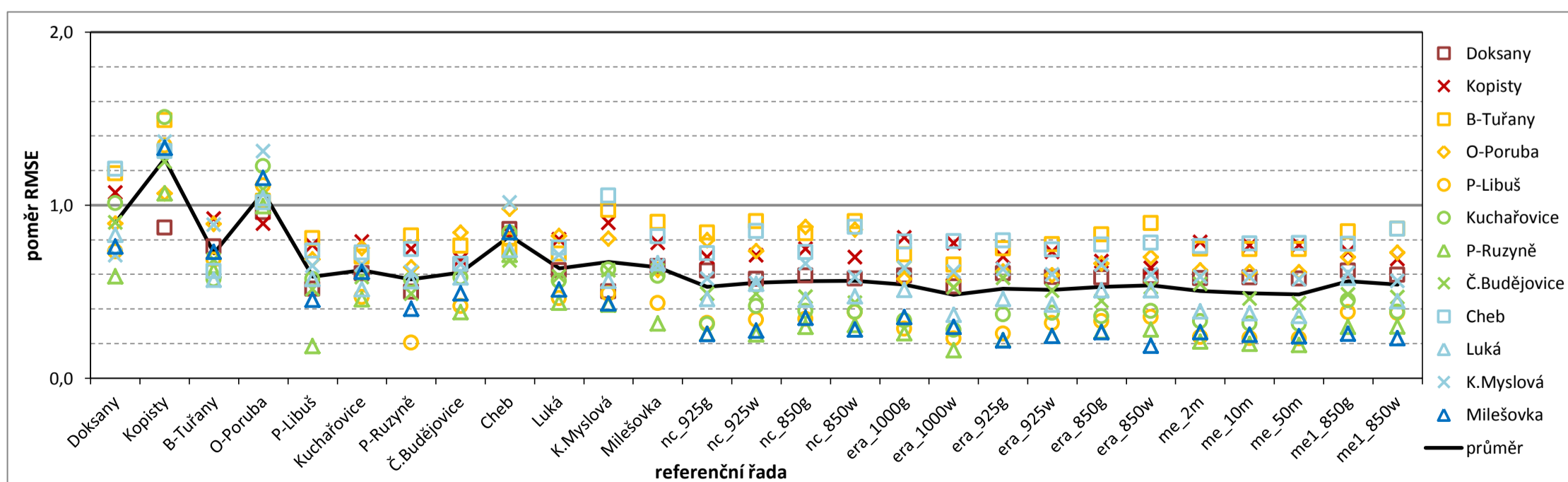
ukazatel: RMSE - střední kvadratická chyba

referenční řada	cílová řada												průměr
	Doksany	Kopisty	B-Tuřany	O-Porub.	P-Libuš	Kuchař.	P-Ruzyně	Č.Buděj.	Cheb	Luká	K.Mysl.	Mileš.	
Doksany		7,68%	8,97%	5,16%	3,98%	5,27%	4,07%	5,83%	7,97%	5,64%	4,58%	4,11%	5,75%
Kopisty	9,72%		11,29%	6,17%	7,33%	7,87%	7,38%	8,10%	8,64%	9,06%	8,81%	7,20%	8,32%
B-Tuřany	8,51%	6,61%		5,16%	3,73%	2,97%	4,29%	4,43%	4,07%	3,88%	5,71%	3,95%	4,85%
O-Poruba	10,73%	6,41%	7,75%		6,06%	6,40%	6,87%	7,06%	6,69%	7,08%	8,46%	6,26%	7,25%
P-Libuš	5,79%	5,52%	6,12%	3,97%		2,99%	1,27%	3,33%	4,86%	3,90%	4,19%	2,45%	4,04%
Kuchařovice	6,79%	5,65%	5,32%	4,34%	2,55%		3,14%	3,79%	4,77%	3,51%	4,22%	3,33%	4,31%
P-Ruzyně	5,59%	5,36%	6,23%	3,70%	1,11%	2,97%		3,16%	4,90%	3,82%	3,97%	2,16%	3,91%
Č.Budějovice	7,33%	4,91%	5,80%	4,86%	2,27%	3,04%	2,63%		4,35%	3,97%	4,24%	2,66%	4,19%
Cheb	9,64%	5,99%	5,57%	5,66%	4,35%	4,39%	4,92%	4,41%		5,05%	6,55%	4,56%	5,55%
Luká	6,98%	5,74%	5,45%	4,74%	2,51%	2,94%	3,01%	3,81%	4,97%		4,59%	2,77%	4,32%
K.Myslová	5,61%	6,44%	7,36%	4,66%	2,65%	3,28%	2,94%	4,03%	6,95%	3,83%		2,34%	4,55%
Milešovka	7,23%	5,61%	6,83%	3,61%	2,36%	3,08%	2,18%	4,03%	5,39%	4,52%	4,20%		4,46%
nc_925g	6,95%	5,01%	6,36%	4,62%	1,73%	1,62%	1,77%	3,17%	4,75%	3,11%	3,71%	1,38%	3,68%
nc_925w	6,41%	5,10%	6,86%	4,24%	1,83%	2,18%	1,74%	3,17%	5,59%	3,70%	3,53%	1,48%	3,82%
nc_850g	6,64%	5,36%	6,34%	5,05%	1,86%	2,02%	2,05%	3,05%	4,80%	3,09%	4,27%	1,89%	3,87%
nc_850w	6,45%	5,01%	6,86%	4,96%	2,07%	2,01%	2,12%	2,82%	5,75%	3,22%	3,76%	1,52%	3,88%
era_1000g	6,64%	5,83%	5,41%	3,31%	1,56%	1,74%	1,80%	4,13%	5,19%	3,47%	4,12%	1,91%	3,76%
era_1000w	5,92%	5,59%	4,96%	3,23%	1,24%	1,45%	1,11%	3,41%	5,21%	2,49%	3,97%	1,60%	3,35%
era_925g	6,77%	5,03%	5,68%	3,56%	1,40%	1,92%	1,51%	3,76%	5,23%	3,12%	4,05%	1,18%	3,60%
era_925w	6,52%	5,23%	5,87%	3,44%	1,73%	1,97%	1,69%	3,28%	4,89%	2,89%	3,86%	1,32%	3,56%
era_850g	6,50%	4,84%	6,28%	3,83%	1,79%	1,86%	1,86%	2,90%	5,09%	3,46%	4,23%	1,43%	3,67%
era_850w	6,59%	4,57%	6,79%	4,05%	1,92%	2,02%	1,94%	3,41%	5,14%	3,46%	3,87%	1,02%	3,73%
me_2m	6,46%	5,64%	5,67%	3,61%	1,29%	1,71%	1,46%	3,53%	5,02%	2,63%	3,78%	1,43%	3,52%
me_10m	6,51%	5,50%	5,64%	3,54%	1,26%	1,65%	1,37%	2,98%	5,13%	2,55%	3,78%	1,35%	3,44%
me_50m	6,44%	5,51%	5,64%	3,54%	1,25%	1,63%	1,33%	2,81%	5,13%	2,45%	3,67%	1,30%	3,39%
me1_850g	6,96%	5,24%	6,42%	4,05%	2,08%	2,34%	2,04%	3,14%	5,10%	3,95%	3,92%	1,39%	3,89%
me1_850w	6,68%	4,94%	6,54%	4,19%	2,06%	2,00%	2,06%	3,04%	5,68%	3,02%	3,63%	1,24%	3,76%
průměr	7,03%	5,58%	6,46%	4,28%	2,48%	2,85%	2,66%	3,90%	5,42%	3,91%	4,56%	2,48%	4,33%
Nul. metoda	11,20%	7,17%	7,58%	5,78%	5,45%	5,22%	6,91%	6,48%	6,59%	6,81%	6,45%	5,41%	6,76%

poznámky: podbarvením jsou zvýrazněny 3 nejvyšší a 3 nejnižší hodnoty
červeným písmem jsou označeny hodnoty pro pozemní referenční stanice vzdálené více než 100 km od cílové stanice



Graf 1: shodné s tabulkou



Graf 2: Poměr k výsledkům pro Nulovou metodu

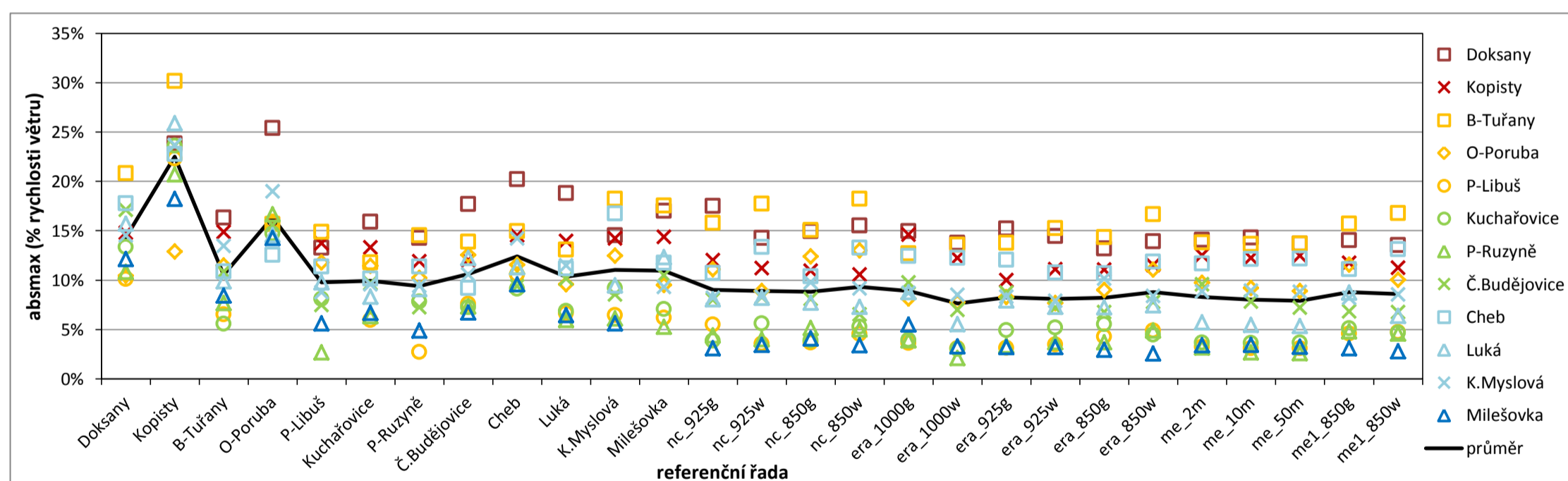
Příloha 1: Výsledky Metody 1 ve standardní variantě pro všechny kombinace referenčních a cílových řad část 2

kritérium: h1 - chyba simulace průměrné rychlosti větru (% skutečné rychlosti větru na cílové řadě)

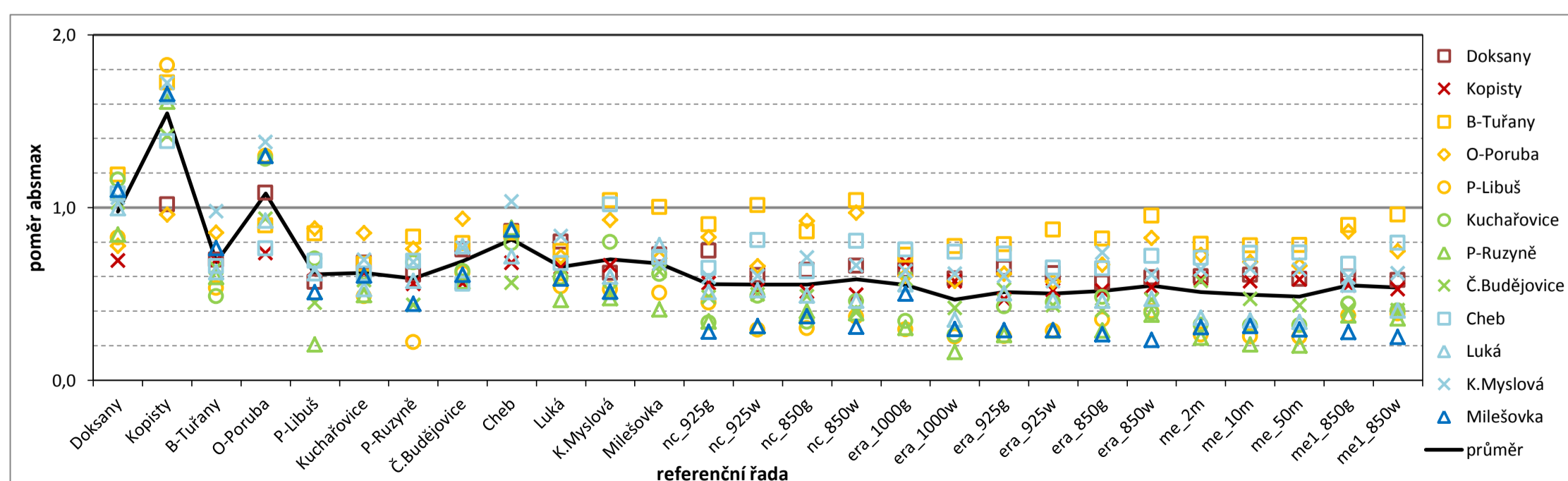
ukazatel: absmax - nejvyšší absolutní hodnota chyby

referenční řada	cílová řada												průměr
	Doksany	Kopisty	B-Tuřany	O-Porub.	P-Libuš	Kuchař.	P-Ruzyně	Č.Buděj.	Cheb	Luká	K.Mysl.	Mileš.	
Doksany		14,8%	20,8%	10,4%	10,1%	13,3%	10,8%	17,1%	17,8%	15,7%	14,5%	12,1%	14,3%
Kopisty	23,8%		30,1%	12,9%	22,3%	23,6%	20,7%	23,6%	22,8%	25,9%	23,7%	18,2%	22,5%
B-Tuřany	16,3%	14,9%		11,5%	6,5%	5,6%	7,7%	10,8%	10,9%	9,9%	13,5%	8,4%	10,5%
O-Poruba	25,4%	15,7%	15,7%		15,9%	14,7%	16,7%	15,6%	12,5%	14,6%	19,0%	14,3%	16,4%
P-Libuš	13,3%	13,7%	14,9%	11,8%		8,1%	2,7%	7,5%	11,3%	9,8%	8,8%	5,6%	9,8%
Kuchařovice	15,9%	13,3%	11,8%	11,4%	6,0%		6,3%	9,7%	10,1%	8,3%	9,6%	6,7%	9,9%
P-Ruzyně	14,3%	11,9%	14,5%	10,2%	2,7%	7,8%		7,2%	11,4%	9,1%	9,4%	4,9%	9,4%
Č.Budějovice	17,7%	12,0%	13,9%	12,6%	7,6%	7,2%	7,3%		9,2%	12,2%	10,5%	6,7%	10,6%
Cheb	20,2%	14,5%	15,0%	11,6%	10,5%	9,1%	11,3%	9,4%		11,3%	14,2%	9,6%	12,4%
Luká	18,8%	14,0%	13,1%	9,6%	6,6%	6,8%	5,9%	10,1%	11,2%		11,5%	6,5%	10,4%
K.Myslová	14,5%	14,2%	18,2%	12,5%	6,4%	9,2%	6,1%	8,5%	16,7%	9,5%		5,6%	11,0%
Milešovka	17,0%	14,4%	17,5%	9,5%	6,2%	7,1%	5,3%	10,5%	11,7%	12,3%	9,3%		11,0%
nc_925g	17,5%	12,0%	15,8%	11,1%	5,5%	3,8%	4,4%	8,0%	10,7%	8,0%	8,2%	3,1%	9,0%
nc_925w	14,2%	11,2%	17,7%	8,9%	3,6%	5,6%	4,0%	8,3%	13,3%	8,2%	8,3%	3,4%	8,9%
nc_850g	14,9%	10,9%	15,1%	12,4%	3,7%	3,9%	5,1%	8,1%	10,4%	7,7%	9,8%	4,1%	8,8%
nc_850w	15,5%	10,6%	18,2%	13,0%	4,5%	5,2%	5,0%	6,5%	13,3%	7,3%	9,1%	3,4%	9,3%
era_1000g	14,9%	14,6%	12,7%	8,1%	3,6%	3,9%	3,9%	9,8%	12,4%	8,8%	8,7%	5,5%	8,9%
era_1000w	13,8%	12,2%	13,6%	7,7%	3,1%	3,0%	2,1%	7,0%	12,2%	5,5%	8,5%	3,3%	7,7%
era_925g	15,2%	10,0%	13,8%	8,3%	3,1%	4,9%	3,4%	8,7%	12,0%	7,9%	8,3%	3,2%	8,2%
era_925w	14,5%	11,1%	15,2%	7,7%	3,5%	5,2%	3,7%	7,2%	10,7%	7,3%	7,9%	3,2%	8,1%
era_850g	13,2%	11,1%	14,3%	9,0%	4,3%	5,5%	3,7%	6,7%	10,7%	7,3%	10,1%	2,9%	8,2%
era_850w	13,9%	11,5%	16,7%	11,1%	4,9%	4,5%	4,9%	7,8%	11,8%	7,4%	8,4%	2,6%	8,8%
me_2m	14,1%	12,5%	13,8%	9,7%	3,2%	3,7%	3,2%	9,6%	11,6%	5,7%	8,8%	3,4%	8,3%
me_10m	14,3%	12,2%	13,6%	9,2%	3,1%	3,6%	2,7%	7,8%	12,1%	5,5%	8,9%	3,4%	8,0%
me_50m	13,7%	12,5%	13,7%	8,9%	3,1%	3,6%	2,6%	7,2%	12,1%	5,3%	8,8%	3,2%	7,9%
me1_850g	14,0%	11,7%	15,7%	11,5%	4,6%	5,1%	4,8%	6,8%	11,1%	8,7%	8,2%	3,1%	8,8%
me1_850w	13,5%	11,2%	16,8%	10,0%	4,7%	4,6%	4,6%	6,7%	13,1%	6,4%	8,5%	2,8%	8,6%
průměr	16,0%	12,7%	15,8%	10,4%	6,2%	7,0%	6,2%	9,6%	12,4%	9,6%	10,6%	5,8%	10,3%
Nul. metoda	23,4%	21,4%	17,5%	13,4%	12,2%	11,5%	12,8%	16,7%	16,5%	15,8%	13,8%	11,0%	14,5%

poznámky: podbarvením jsou zvýrazněny 3 nejvyšší a 3 nejnižší hodnoty
červeným písmem jsou označeny hodnoty pro pozemní referenční stanice vzdálené více než 100 km od cílové stanice



Graf 1: shodně s tabulkou



Graf 2: Poměr k výsledkům pro Nulovou metodu

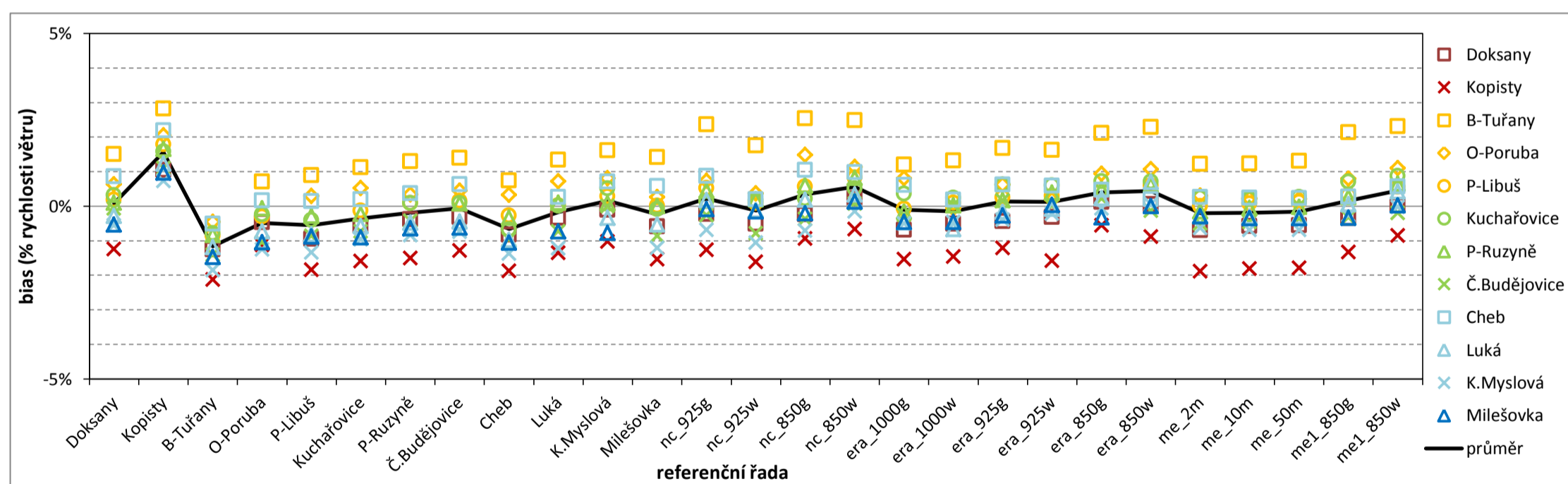
Příloha 1: Výsledky Metody 1 ve standardní variantě pro všechny kombinace referenčních a cílových řad část 3

kritérium: h1 - chyba simulace průměrné rychlosti větru (% skutečné rychlosti větru na cílové řadě)

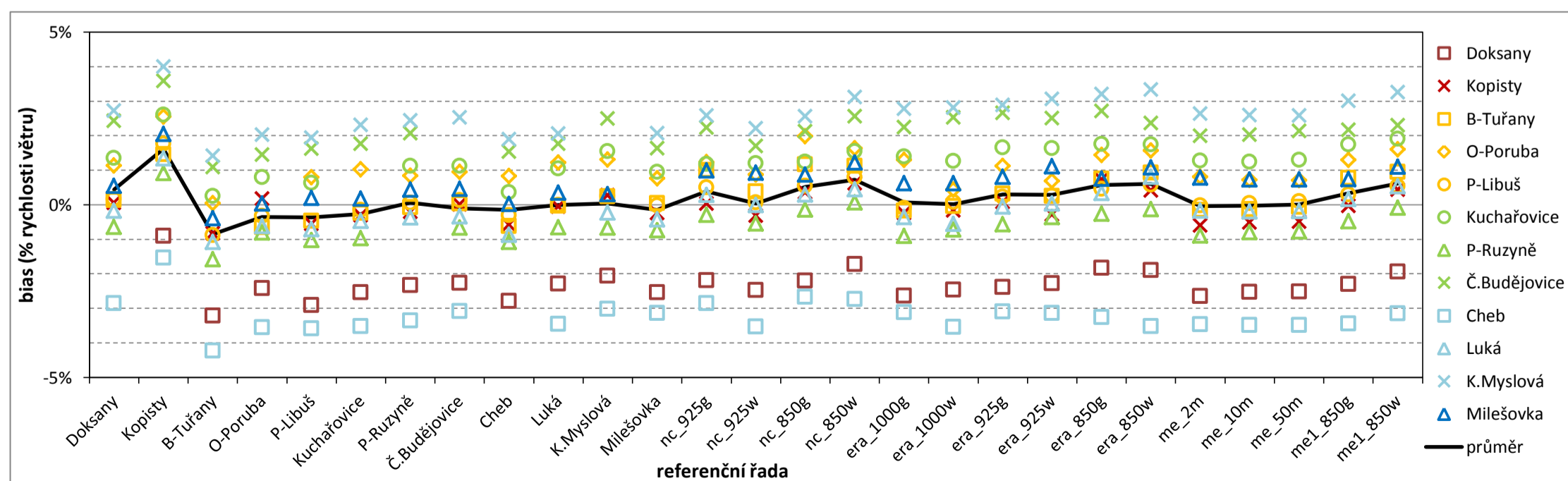
ukazatel: bias - systematická chyba

referenční řada	cílová řada												průměr
	Doksany	Kopisty	B-Tuřany	O-Porub.	P-Libuš	Kuchař.	P-Ruzyně	Č.Buděj.	Cheb	Luká	K.Mysl.	Mileš.	
Doksany		-1,24%	1,50%	0,63%	0,18%	0,31%	0,10%	-0,07%	0,86%	-0,28%	-0,56%	-0,53%	0,08%
Kopisty	1,05%		2,82%	2,05%	1,79%	1,57%	1,66%	1,09%	2,19%	1,23%	0,73%	0,97%	1,56%
B-Tuřany	-1,26%	-2,12%		-0,45%	-0,86%	-0,79%	-0,83%	-1,41%	-0,51%	-1,18%	-1,86%	-1,47%	-1,16%
O-Poruba	-0,47%	-1,12%	0,71%		-0,31%	-0,24%	-0,06%	-1,04%	0,16%	-0,73%	-1,25%	-1,05%	-0,49%
P-Libuš	-0,95%	-1,85%	0,89%	0,29%		-0,40%	-0,28%	-0,87%	0,14%	-0,82%	-1,34%	-0,88%	-0,55%
Kuchařovice	-0,58%	-1,60%	1,13%	0,53%	-0,13%		-0,22%	-0,73%	0,19%	-0,58%	-0,96%	-0,90%	-0,35%
P-Ruzyně	-0,38%	-1,51%	1,29%	0,34%	0,08%	0,09%		-0,42%	0,37%	-0,48%	-0,84%	-0,65%	-0,19%
Č.Budějovice	-0,32%	-1,28%	1,40%	0,44%	0,15%	0,09%	0,08%		0,63%	-0,44%	-0,75%	-0,62%	-0,06%
Cheb	-0,83%	-1,88%	0,74%	0,33%	-0,28%	-0,67%	-0,34%	-0,96%		-0,98%	-1,38%	-1,06%	-0,66%
Luká	-0,33%	-1,35%	1,34%	0,72%	0,02%	0,01%	0,09%	-0,73%	0,26%		-1,22%	-0,73%	-0,17%
K.Myslová	-0,11%	-1,03%	1,61%	0,81%	0,28%	0,51%	0,08%	0,00%	0,70%	-0,34%		-0,77%	0,16%
Milešovka	-0,59%	-1,53%	1,41%	0,26%	0,01%	-0,08%	0,00%	-0,86%	0,58%	-0,54%	-1,21%		-0,23%
nc_925g	-0,23%	-1,27%	2,36%	0,73%	0,52%	0,14%	0,45%	-0,26%	0,87%	0,17%	-0,69%	-0,09%	0,23%
nc_925w	-0,52%	-1,61%	1,75%	0,37%	0,09%	0,17%	0,19%	-0,79%	0,19%	-0,12%	-1,06%	-0,16%	-0,12%
nc_850g	-0,24%	-0,94%	2,54%	1,48%	0,57%	0,21%	0,60%	-0,37%	1,05%	0,18%	-0,71%	-0,21%	0,35%
nc_850w	0,23%	-0,67%	2,49%	1,13%	0,82%	0,52%	0,81%	0,07%	0,98%	0,34%	-0,16%	0,14%	0,56%
era_1000g	-0,69%	-1,53%	1,19%	0,80%	-0,08%	0,36%	-0,17%	-0,25%	0,60%	-0,47%	-0,50%	-0,46%	-0,10%
era_1000w	-0,51%	-1,46%	1,32%	-0,07%	0,10%	0,23%	0,02%	0,03%	0,18%	-0,66%	-0,46%	-0,45%	-0,14%
era_925g	-0,43%	-1,21%	1,68%	0,62%	0,25%	0,62%	0,17%	0,16%	0,63%	-0,16%	-0,39%	-0,27%	0,14%
era_925w	-0,32%	-1,58%	1,62%	0,19%	0,29%	0,60%	0,39%	0,01%	0,58%	-0,07%	-0,22%	0,03%	0,13%
era_850g	0,12%	-0,56%	2,11%	0,94%	0,48%	0,72%	0,49%	0,22%	0,46%	0,23%	-0,07%	-0,32%	0,40%
era_850w	0,06%	-0,88%	2,29%	1,06%	0,60%	0,71%	0,61%	-0,13%	0,20%	0,69%	0,05%	0,00%	0,44%
me_2m	-0,70%	-1,89%	1,22%	0,30%	0,00%	0,23%	-0,15%	-0,50%	0,26%	-0,29%	-0,64%	-0,30%	-0,20%
me_10m	-0,58%	-1,81%	1,23%	0,22%	0,07%	0,21%	-0,05%	-0,46%	0,24%	-0,30%	-0,68%	-0,35%	-0,19%
me_50m	-0,56%	-1,79%	1,30%	0,21%	0,12%	0,26%	-0,03%	-0,36%	0,23%	-0,30%	-0,69%	-0,35%	-0,16%
me1_850g	-0,35%	-1,33%	2,14%	0,80%	0,32%	0,71%	0,26%	-0,32%	0,27%	0,05%	-0,27%	-0,34%	0,16%
me1_850w	0,01%	-0,86%	2,31%	1,10%	0,56%	0,88%	0,65%	-0,20%	0,57%	0,43%	-0,02%	0,02%	0,45%
průměr	-0,38%	-1,40%	1,60%	0,59%	0,20%	0,24%	0,15%	-0,36%	0,49%	-0,23%	-0,68%	-0,43%	-0,02%
Nul. metoda	1,95%	-1,29%	1,37%	-0,50%	0,02%	-1,03%	0,74%	-2,49%	3,72%	-0,11%	-3,28%	-1,08%	-0,16%

poznámky: podbarvením jsou zvýrazněny 3 nejvyšší a 3 nejnižší hodnoty
červeným písmem jsou označeny hodnoty pro pozemní referenční stanice vzdálené více než 100 km od cílové stanice



Graf 1: shodně s tabulkou



Graf 2: Odchylka od Nulové metody

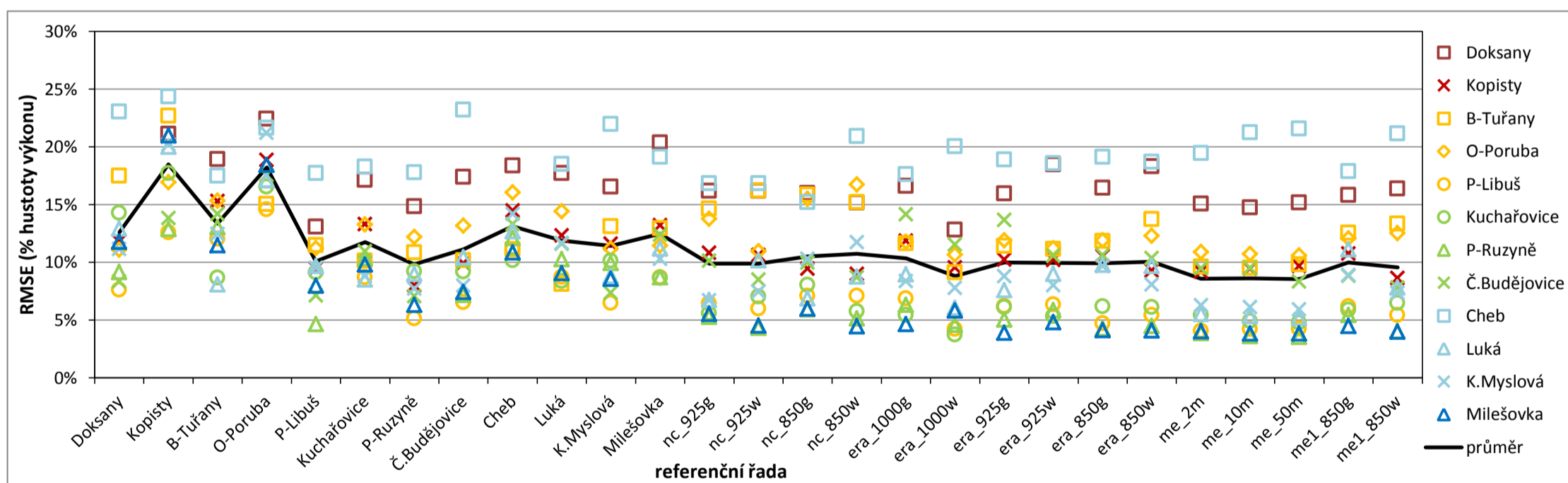
Příloha 1: Výsledky Metody 1 ve standardní variantě pro všechny kombinace referenčních a cílových řad část 4

kritérium: h2 - chyba simulace průměrné hustoty výkonu (% skutečné hustoty výkonu větru na cílové řadě)

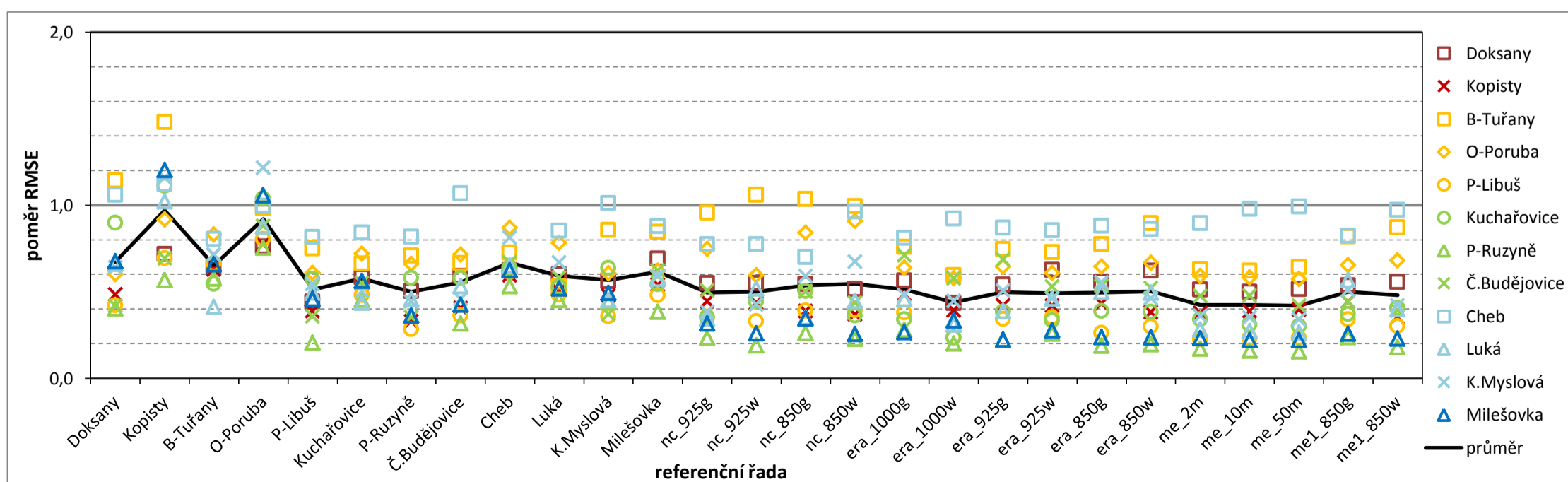
ukazatel: RMSE - střední kvadratická chyba

referenční řada	cílová řada												průměr
	Doksany	Kopisty	B-Tuřany	O-Porub.	P-Libuš	Kuchař.	P-Ruzyně	Č.Buděj.	Cheb	Luká	K.Mysl.	Mileš.	
Doksany		11,8%	17,5%	11,1%	7,6%	14,3%	9,2%	8,3%	23,0%	12,9%	11,2%	11,8%	12,6%
Kopisty	21,1%		22,7%	16,9%	12,6%	17,7%	12,9%	13,8%	24,3%	20,0%	20,2%	21,0%	18,5%
B-Tuřany	18,9%	15,3%		15,3%	12,0%	8,7%	13,0%	14,2%	17,5%	8,1%	12,4%	11,5%	13,4%
O-Poruba	22,4%	18,9%	15,0%		14,6%	16,5%	17,1%	17,5%	21,6%	17,1%	21,2%	18,4%	18,2%
P-Libuš	13,1%	9,4%	11,5%	11,2%		9,1%	4,6%	7,1%	17,7%	9,7%	9,5%	8,0%	10,1%
Kuchařovice	17,1%	13,3%	10,1%	13,3%	8,7%		10,3%	10,9%	18,3%	8,5%	8,8%	9,8%	11,7%
P-Ruzyně	14,8%	8,0%	10,8%	12,2%	5,1%	9,2%		7,0%	17,8%	9,0%	7,7%	6,3%	9,8%
Č.Budějovice	17,4%	9,9%	10,2%	13,2%	6,5%	9,2%	7,1%		23,2%	10,4%	8,0%	7,4%	11,1%
Cheb	18,4%	14,5%	11,1%	16,0%	11,1%	10,2%	12,1%	13,3%		12,7%	14,2%	10,8%	13,1%
Luká	17,7%	12,3%	8,1%	14,4%	8,7%	8,4%	10,3%	11,6%	18,5%		11,7%	9,0%	11,9%
K.Myslová	16,5%	11,6%	13,1%	11,2%	6,5%	10,1%	9,9%	7,4%	22,0%	8,8%		8,6%	11,4%
Milešovka	20,4%	13,2%	12,9%	11,4%	8,7%	8,6%	8,7%	12,4%	19,1%	11,2%	10,3%		12,5%
nc_925g	16,2%	10,8%	14,6%	13,8%	6,4%	5,6%	5,3%	10,1%	16,8%	6,7%	6,7%	5,5%	9,9%
nc_925w	16,2%	10,6%	16,2%	11,0%	6,0%	7,0%	4,3%	8,5%	16,8%	10,2%	7,5%	4,5%	9,9%
nc_850g	16,0%	9,4%	15,8%	15,5%	7,1%	8,0%	5,9%	10,0%	15,2%	6,9%	10,3%	6,0%	10,5%
nc_850w	15,2%	9,0%	15,2%	16,7%	7,1%	5,7%	5,1%	8,7%	20,9%	8,7%	11,7%	4,5%	10,7%
era_1000g	16,6%	11,9%	11,6%	11,8%	6,9%	5,4%	6,3%	14,2%	17,6%	9,0%	8,4%	4,6%	10,3%
era_1000w	12,8%	9,5%	9,1%	10,6%	4,2%	3,7%	4,6%	11,5%	20,0%	6,0%	7,8%	5,8%	8,8%
era_925g	16,0%	10,2%	11,4%	11,9%	6,2%	6,1%	5,0%	13,7%	18,9%	7,6%	8,8%	3,9%	10,0%
era_925w	18,5%	10,2%	11,1%	11,2%	6,4%	5,3%	5,8%	10,6%	18,6%	9,0%	8,0%	4,8%	10,0%
era_850g	16,4%	10,5%	11,8%	11,9%	4,7%	6,2%	4,3%	10,6%	19,1%	9,8%	9,7%	4,1%	9,9%
era_850w	18,3%	9,3%	13,7%	12,3%	5,4%	6,1%	4,5%	10,3%	18,7%	9,7%	8,1%	4,1%	10,0%
me_2m	15,1%	9,2%	9,6%	10,9%	4,0%	5,4%	3,9%	9,5%	19,4%	5,5%	6,3%	4,0%	8,6%
me_10m	14,7%	9,5%	9,5%	10,7%	4,2%	4,9%	3,6%	9,5%	21,3%	5,3%	6,1%	3,8%	8,6%
me_50m	15,2%	9,7%	9,8%	10,6%	4,2%	4,8%	3,5%	8,3%	21,6%	5,2%	5,9%	3,8%	8,5%
me1_850g	15,8%	10,8%	12,5%	12,0%	6,2%	5,9%	5,4%	8,8%	17,9%	11,1%	8,9%	4,5%	10,0%
me1_850w	16,4%	8,6%	13,3%	12,5%	5,4%	6,5%	4,0%	7,8%	21,1%	7,8%	7,3%	4,0%	9,6%
průměr	16,8%	11,1%	12,6%	12,7%	7,2%	8,1%	7,3%	10,7%	19,4%	9,6%	10,0%	7,5%	11,2%
Nul. metoda	29,5%	24,4%	15,3%	18,4%	18,1%	15,9%	22,7%	19,9%	21,7%	19,6%	17,4%	17,4%	20,0%

poznámky: podbarvením jsou zvýrazněny 3 nejvyšší a 3 nejnižší hodnoty
červeným písmem jsou označeny hodnoty pro pozemní referenční stanice vzdálené více než 100 km od cílové stanice



Graf 1: shodné s tabulkou



Graf 2: Poměr k výsledkům pro Nulovou metodu

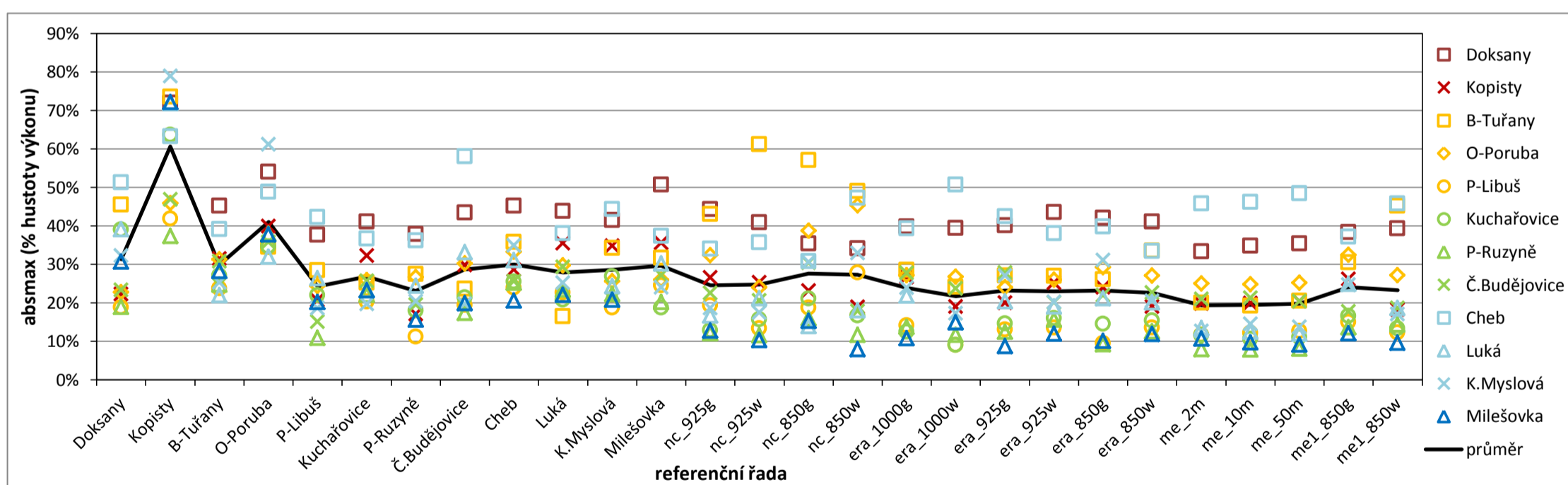
Příloha 1: Výsledky Metody 1 ve standardní variantě pro všechny kombinace referenčních a cílových řad část 5

kritérium: h2 - chyba simulace průměrné hustoty výkonu (% skutečné hustoty výkonu větru na cílové řadě)

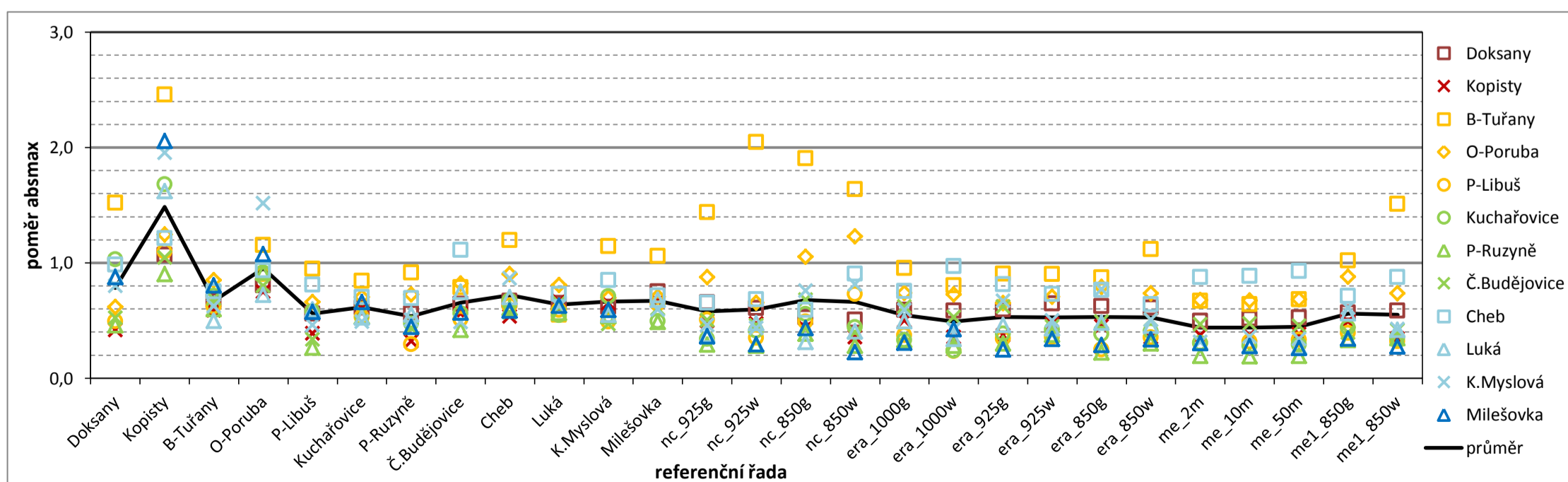
ukazatel: absmax - nejvyšší absolutní hodnota chyby

referenční řada	cílová řada												průměr
	Doksany	Kopisty	B-Tuřany	O-Porub.	P-Libuš	Kuchař.	P-Ruzyně	Č.Buděj.	Cheb	Luká	K.Mysl.	Mileš.	
Doksany		22,2%	45,4%	22,8%	18,8%	39,1%	18,9%	23,3%	51,3%	39,1%	32,3%	30,7%	31,3%
Kopisty	72,0%		73,6%	45,8%	41,9%	63,7%	37,4%	46,8%	63,2%	71,9%	78,9%	72,2%	60,7%
B-Tuřany	45,2%	31,4%		31,3%	23,7%	27,0%	24,7%	30,8%	39,2%	21,9%	25,2%	28,2%	29,9%
O-Poruba	54,0%	39,9%	34,5%		34,4%	34,6%	38,0%	35,8%	48,8%	32,0%	61,2%	37,7%	41,0%
P-Libuš	37,6%	20,7%	28,4%	24,3%		22,0%	10,9%	15,1%	42,2%	26,4%	18,6%	20,2%	24,2%
Kuchařovice	41,0%	32,3%	25,2%	25,9%	20,2%		22,1%	25,7%	36,6%	23,3%	19,7%	23,2%	26,8%
P-Ruzyně	37,8%	17,0%	27,4%	26,7%	11,2%	17,9%		19,5%	36,1%	24,4%	20,4%	15,6%	23,1%
Č.Budějovice	43,4%	29,8%	23,6%	30,2%	19,4%	21,4%	17,3%		58,1%	33,2%	19,7%	19,9%	28,7%
Cheb	45,2%	28,6%	35,8%	33,3%	23,9%	25,5%	25,2%	25,5%		31,1%	34,9%	20,5%	30,0%
Luká	43,8%	35,5%	16,4%	29,7%	22,6%	20,7%	23,4%	29,3%	38,0%		25,2%	22,0%	27,9%
K.Myslová	41,5%	34,8%	34,2%	25,6%	18,7%	26,9%	22,2%	21,0%	44,3%	24,3%		20,7%	28,6%
Milešovka	50,7%	35,6%	31,7%	26,0%	24,5%	18,7%	20,2%	27,1%	37,3%	30,1%	24,0%		29,6%
nc_925g	44,3%	26,6%	43,0%	32,3%	19,3%	12,9%	12,0%	22,6%	34,1%	16,6%	18,6%	12,7%	24,6%
nc_925w	40,9%	25,3%	61,2%	24,0%	13,3%	15,6%	11,6%	20,5%	35,7%	21,2%	17,5%	10,3%	24,7%
nc_850g	35,4%	23,2%	57,0%	38,7%	18,7%	21,1%	16,0%	30,4%	30,8%	13,9%	30,6%	15,2%	27,6%
nc_850w	34,1%	18,9%	49,0%	45,3%	27,8%	16,7%	11,7%	17,8%	47,3%	18,0%	32,9%	8,0%	27,3%
era_1000g	39,7%	26,7%	28,6%	27,2%	14,1%	12,4%	13,7%	27,8%	39,3%	21,8%	23,9%	10,8%	23,8%
era_1000w	39,4%	19,0%	24,1%	26,7%	9,0%	9,0%	11,7%	23,7%	50,7%	15,0%	17,2%	14,9%	21,7%
era_925g	40,1%	19,9%	27,1%	24,0%	13,0%	14,6%	12,5%	27,8%	42,5%	20,4%	27,1%	8,7%	23,1%
era_925w	43,6%	25,1%	27,0%	26,0%	13,5%	16,0%	15,6%	20,1%	38,0%	19,0%	20,1%	11,9%	23,0%
era_850g	42,0%	24,0%	26,1%	29,2%	9,5%	14,5%	9,2%	21,9%	39,8%	21,2%	31,1%	10,1%	23,2%
era_850w	41,1%	19,0%	33,5%	27,1%	13,5%	15,4%	12,5%	22,7%	33,4%	20,1%	20,4%	11,8%	22,5%
me_2m	33,4%	19,8%	20,0%	25,0%	11,6%	11,5%	8,0%	21,0%	45,8%	13,4%	12,7%	10,6%	19,4%
me_10m	34,8%	19,9%	19,2%	24,7%	12,1%	10,6%	7,8%	21,3%	46,2%	12,5%	14,5%	9,7%	19,4%
me_50m	35,4%	20,4%	20,5%	25,2%	12,6%	11,1%	8,0%	20,4%	48,5%	12,0%	13,7%	9,1%	19,7%
me1_850g	38,3%	26,1%	30,5%	32,4%	15,0%	16,5%	13,6%	17,7%	37,1%	24,9%	24,7%	12,1%	24,1%
me1_850w	39,3%	18,2%	45,2%	27,1%	12,2%	13,3%	14,3%	18,6%	45,8%	18,6%	17,1%	9,6%	23,3%
průměr	42,2%	25,7%	33,7%	29,2%	18,5%	20,6%	17,0%	24,6%	42,6%	24,3%	26,6%	18,7%	27,2%
Nul. metoda	67,4%	53,4%	29,9%	36,9%	38,2%	37,9%	41,5%	44,8%	52,2%	44,3%	40,4%	35,1%	43,5%

poznámky: podbarvením jsou zvýrazněny 3 nejvyšší a 3 nejnižší hodnoty
červeným písmem jsou označeny hodnoty pro pozemní referenční stanice vzdálené více než 100 km od cílové stanice



Graf 1: shodně s tabulkou



Graf 2: Poměr k výsledkům pro Nulovou metodu

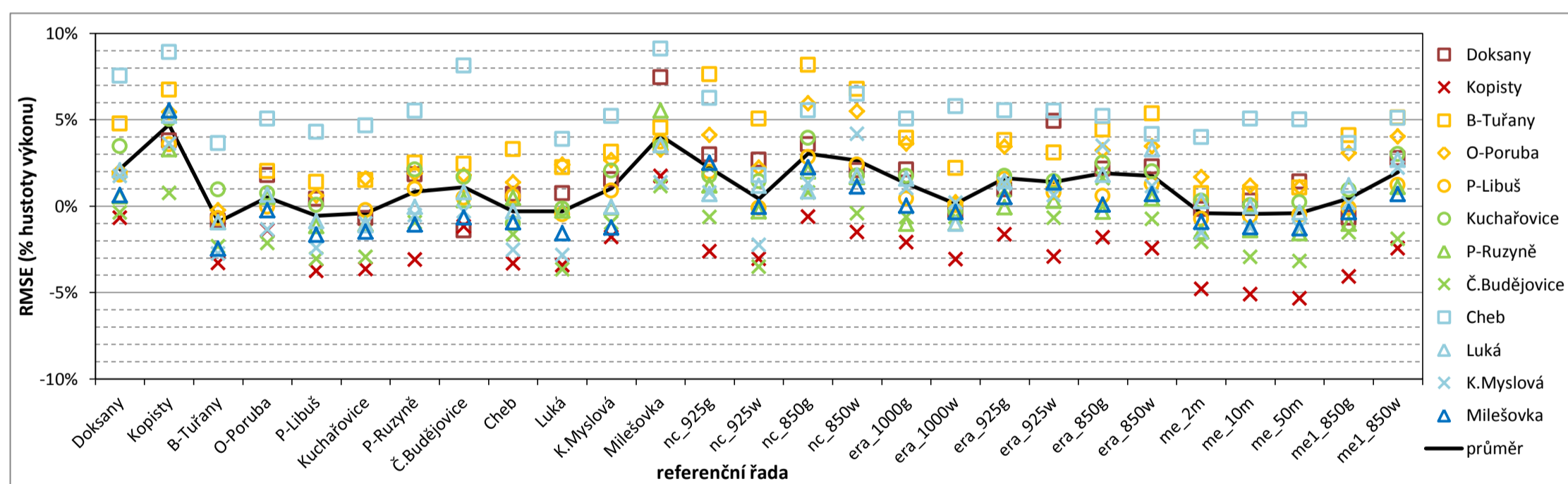
Příloha 1: Výsledky Metody 1 ve standardní variantě pro všechny kombinace referenčních a cílových řad část 6

kritérium: h2 - chyba simulace průměrné hustoty výkonu (% skutečné hustoty výkonu větru na cílové řadě)

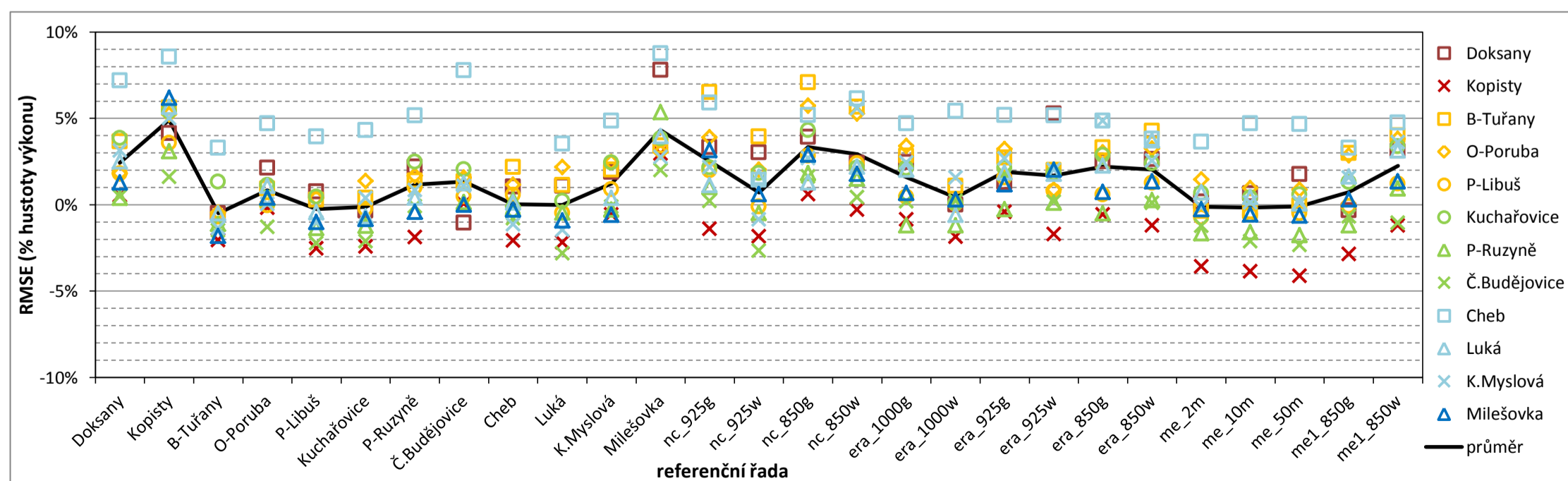
ukazatel: bias - systematická chyba

referenční řada	cílová řada												průměr
	Doksany	Kopisty	B-Tuřany	O-Porub.	P-Libuš	Kuchař.	P-Ruzyně	Č.Buděj.	Cheb	Luká	K.Mysl.	Mileš.	
Doksany		-0,69%	4,77%	2,01%	1,81%	3,47%	0,58%	-0,37%	7,54%	2,07%	1,75%	0,62%	2,14%
Kopisty	3,79%		6,73%	5,44%	3,57%	5,03%	3,29%	0,77%	8,91%	5,22%	3,62%	5,52%	4,72%
B-Tuřany	-0,85%	-3,29%		-0,24%	-0,69%	0,96%	-0,93%	-2,34%	3,64%	-0,94%	-2,74%	-2,46%	-0,90%
O-Poruba	1,78%	-1,40%	2,04%		-0,04%	0,74%	0,52%	-2,13%	5,06%	0,65%	-1,35%	-0,24%	0,51%
P-Libuš	0,42%	-3,75%	1,40%	0,61%		0,07%	-1,16%	-3,06%	4,30%	-0,87%	-2,42%	-1,65%	-0,56%
Kuchařovice	-0,69%	-3,64%	1,51%	1,58%	-0,24%		-1,04%	-2,95%	4,67%	-1,12%	-1,00%	-1,47%	-0,40%
P-Ruzyně	1,84%	-3,10%	2,50%	1,90%	1,00%	2,10%		-0,93%	5,50%	-0,04%	-0,53%	-1,06%	0,83%
Č.Budějovice	-1,41%	-1,18%	2,45%	1,78%	0,48%	1,67%	0,34%		8,13%	0,80%	-0,31%	-0,65%	1,10%
Cheb	0,69%	-3,30%	3,29%	1,36%	0,57%	-1,00%	0,47%	-1,63%		-0,31%	-2,53%	-0,93%	-0,30%
Luká	0,75%	-3,42%	2,24%	2,40%	-0,48%	-0,16%	-0,26%	-3,66%	3,88%		-2,84%	-1,58%	-0,29%
K.Myslová	1,54%	-1,79%	3,13%	2,67%	0,90%	2,06%	-0,09%	-0,95%	5,20%	-0,05%		-1,24%	1,03%
Milešovka	7,46%	1,73%	4,53%	3,26%	3,73%	3,45%	5,54%	1,16%	9,10%	3,53%	1,37%		4,08%
nc_925g	2,99%	-2,62%	7,61%	4,12%	1,97%	1,77%	1,20%	-0,63%	6,26%	0,69%	0,78%	2,50%	2,22%
nc_925w	2,67%	-3,06%	5,05%	2,23%	-0,12%	1,44%	-0,30%	-3,50%	1,78%	1,17%	-2,25%	-0,05%	0,42%
nc_850g	3,57%	-0,61%	8,18%	5,95%	2,84%	3,93%	2,01%	0,78%	5,54%	0,85%	1,32%	2,24%	3,05%
nc_850w	2,06%	-1,51%	6,77%	5,50%	2,39%	1,76%	1,68%	-0,41%	6,48%	1,75%	4,18%	1,13%	2,65%
era_1000g	2,12%	-2,08%	3,94%	3,61%	0,44%	1,74%	-1,02%	-0,64%	5,06%	1,58%	1,04%	0,02%	1,32%
era_1000w	-0,35%	-3,08%	2,20%	0,21%	0,03%	-0,30%	-1,01%	-0,63%	5,78%	-1,02%	0,19%	-0,35%	0,14%
era_925g	0,95%	-1,64%	3,82%	3,45%	1,57%	1,75%	-0,07%	0,92%	5,54%	1,44%	1,28%	0,52%	1,63%
era_925w	4,93%	-2,93%	3,10%	1,09%	0,78%	1,43%	0,29%	-0,67%	5,51%	1,33%	0,63%	1,37%	1,41%
era_850g	2,16%	-1,81%	4,42%	3,23%	0,58%	2,50%	-0,32%	1,61%	5,21%	1,81%	3,48%	0,08%	1,91%
era_850w	2,29%	-2,44%	5,37%	3,46%	1,26%	2,01%	0,44%	-0,73%	4,15%	3,28%	1,16%	0,69%	1,75%
me_2m	-0,17%	-4,80%	0,73%	1,67%	-0,75%	0,30%	-1,48%	-2,07%	3,98%	0,29%	-1,55%	-0,92%	-0,40%
me_10m	0,31%	-5,10%	0,70%	1,18%	-0,59%	0,04%	-1,40%	-2,95%	5,04%	-0,02%	-1,27%	-1,23%	-0,44%
me_50m	1,41%	-5,35%	1,06%	1,09%	-0,50%	0,21%	-1,58%	-3,17%	5,00%	-0,37%	-1,27%	-1,30%	-0,40%
me1_850g	-0,67%	-4,08%	4,10%	3,06%	-0,10%	0,93%	-1,02%	-1,53%	3,64%	1,19%	0,17%	-0,34%	0,45%
me1_850w	2,77%	-2,43%	5,12%	4,02%	1,21%	3,00%	1,12%	-1,89%	5,09%	2,68%	2,22%	0,69%	1,97%
průměr	1,58%	-2,60%	3,66%	2,50%	0,82%	1,52%	0,19%	-1,19%	5,40%	0,92%	0,04%	-0,03%	1,06%
Nul. metoda	-0,35%	-1,23%	1,11%	0,21%	0,00%	-0,38%	0,18%	-0,85%	0,35%	-0,44%	-1,39%	-0,65%	-0,29%

poznámky: podbarvením jsou zvýrazněny 3 nejvyšší a 3 nejnižší hodnoty
červeným písmem jsou označeny hodnoty pro pozemní referenční stanice vzdálené více než 100 km od cílové stanice



Graf 1: shodné s tabulkou



Graf 2: Odchylka od Nulové metody

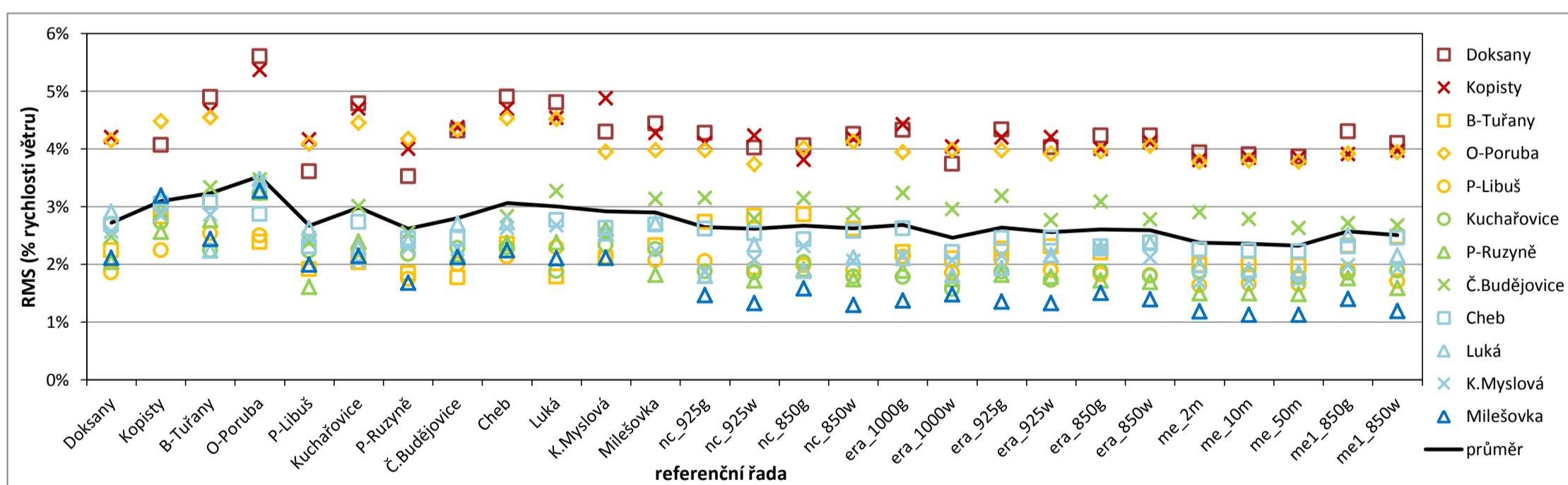
Příloha 1: Výsledky Metody 1 ve standardní variantě pro všechny kombinace referenčních a cílových řad část 7

kritérium: h3 - chyba simulace tvaru četnostního rozdělení rychlosti větru (% skutečné rychlosti větru na cílové řadě)

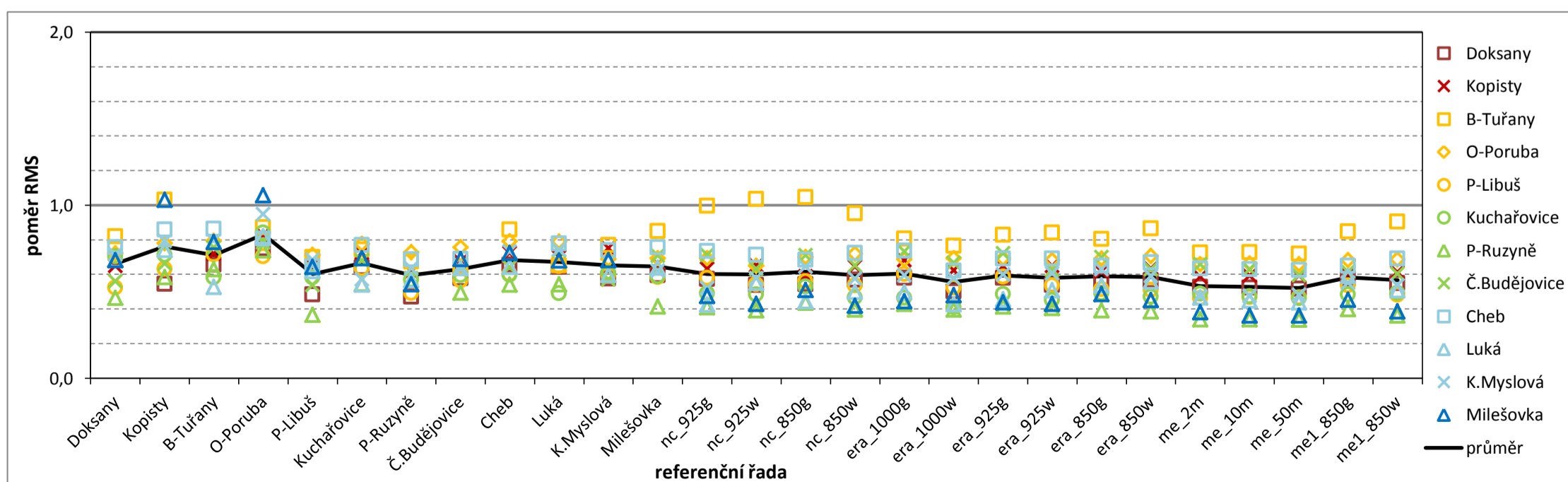
ukazatel: RMS - střední kvadratická hodnota

referenční řada	cílová řada												průměr
	Doksany	Kopisty	B-Tuřany	O-Porub.	P-Libuš	Kuchař.	P-Ruzyně	Č.Buděj.	Cheb	Luká	K.Mysl.	Mileš.	
Doksany		4,20%	2,24%	4,14%	1,85%	2,70%	2,04%	2,48%	2,69%	2,91%	2,56%	2,11%	2,72%
Kopisty	4,06%		2,82%	4,48%	2,24%	2,73%	2,56%	2,93%	3,05%	3,15%	2,84%	3,19%	3,10%
B-Tuřany	4,90%	4,66%		4,54%	2,53%	2,23%	2,77%	3,33%	3,07%	2,23%	2,85%	2,43%	3,23%
O-Poruba	5,60%	5,37%	2,39%		2,49%	3,23%	3,24%	3,47%	2,87%	3,48%	3,40%	3,27%	3,53%
P-Libuš	3,61%	4,16%	1,92%	4,09%		2,23%	1,61%	2,38%	2,30%	2,62%	2,46%	1,99%	2,67%
Kuchařovice	4,78%	4,70%	2,03%	4,45%	2,25%		2,39%	3,01%	2,73%	2,29%	2,05%	2,14%	2,98%
P-Ruzyně	3,52%	4,00%	1,84%	4,17%	1,74%	2,18%		2,55%	2,44%	2,41%	2,28%	1,68%	2,62%
Č.Budějovice	4,31%	4,37%	1,77%	4,33%	2,00%	2,28%	2,17%		2,44%	2,70%	2,26%	2,13%	2,80%
Cheb	4,90%	4,70%	2,35%	4,53%	2,13%	2,29%	2,37%	2,83%		2,73%	2,63%	2,24%	3,06%
Luká	4,80%	4,53%	1,78%	4,52%	2,30%	1,88%	2,38%	3,27%	2,76%		2,67%	2,11%	3,00%
K.Myslová	4,29%	4,88%	2,11%	3,95%	2,12%	2,33%	2,61%	2,52%	2,63%	2,53%		2,11%	2,92%
Milešovka	4,44%	4,27%	2,33%	3,97%	2,07%	2,26%	1,81%	3,13%	2,69%	2,71%	2,23%		2,90%
nc_925g	4,27%	4,10%	2,73%	3,97%	2,05%	1,88%	1,80%	3,15%	2,61%	1,80%	1,87%	1,47%	2,64%
nc_925w	4,02%	4,23%	2,84%	3,73%	1,92%	1,85%	1,72%	2,79%	2,53%	2,34%	2,07%	1,33%	2,61%
nc_850g	4,06%	3,81%	2,86%	4,02%	1,98%	2,03%	1,91%	3,14%	2,43%	1,88%	2,31%	1,58%	2,67%
nc_850w	4,25%	4,18%	2,61%	4,13%	1,90%	1,79%	1,74%	2,88%	2,57%	2,11%	2,06%	1,29%	2,63%
era_1000g	4,33%	4,42%	2,21%	3,94%	2,13%	1,78%	1,89%	3,23%	2,62%	2,11%	2,14%	1,37%	2,68%
era_1000w	3,74%	4,04%	2,10%	3,98%	1,85%	1,57%	1,74%	2,95%	2,21%	1,81%	2,07%	1,48%	2,46%
era_925g	4,34%	4,20%	2,27%	3,97%	2,08%	1,87%	1,82%	3,18%	2,45%	1,93%	2,15%	1,35%	2,63%
era_925w	4,02%	4,20%	2,31%	3,92%	1,90%	1,72%	1,78%	2,76%	2,45%	2,16%	2,17%	1,33%	2,56%
era_850g	4,23%	4,00%	2,20%	3,96%	1,82%	1,88%	1,72%	3,09%	2,30%	2,28%	2,26%	1,50%	2,60%
era_850w	4,23%	4,11%	2,37%	4,05%	1,81%	1,80%	1,69%	2,78%	2,38%	2,36%	2,12%	1,39%	2,59%
me_2m	3,93%	3,80%	1,99%	3,78%	1,63%	1,87%	1,50%	2,90%	2,25%	1,98%	1,69%	1,18%	2,38%
me_10m	3,90%	3,85%	1,99%	3,80%	1,66%	1,81%	1,49%	2,79%	2,24%	1,90%	1,70%	1,12%	2,35%
me_50m	3,86%	3,84%	1,97%	3,78%	1,65%	1,77%	1,48%	2,63%	2,22%	1,85%	1,73%	1,12%	2,33%
me1_850g	4,30%	3,91%	2,32%	3,91%	1,90%	1,85%	1,76%	2,71%	2,31%	2,50%	1,98%	1,40%	2,57%
me1_850w	4,10%	3,96%	2,47%	3,94%	1,71%	1,89%	1,59%	2,67%	2,45%	2,15%	1,92%	1,19%	2,50%
průměr	4,27%	4,26%	2,25%	4,08%	2,00%	2,07%	2,00%	2,92%	2,53%	2,35%	2,26%	1,77%	2,74%
Nul. metoda	7,48%	6,49%	2,74%	5,74%	3,54%	3,84%	4,39%	4,42%	3,56%	4,25%	3,59%	3,09%	4,43%

poznámky: podbarvením jsou zvýrazněny 3 nejvyšší a 3 nejnižší hodnoty
červeným písmem jsou označeny hodnoty pro pozemní referenční stanice vzdálené více než 100 km od cílové stanice



Graf 1: shodně s tabulkou



Graf 2: Poměr k výsledkům pro Nulovou metodu

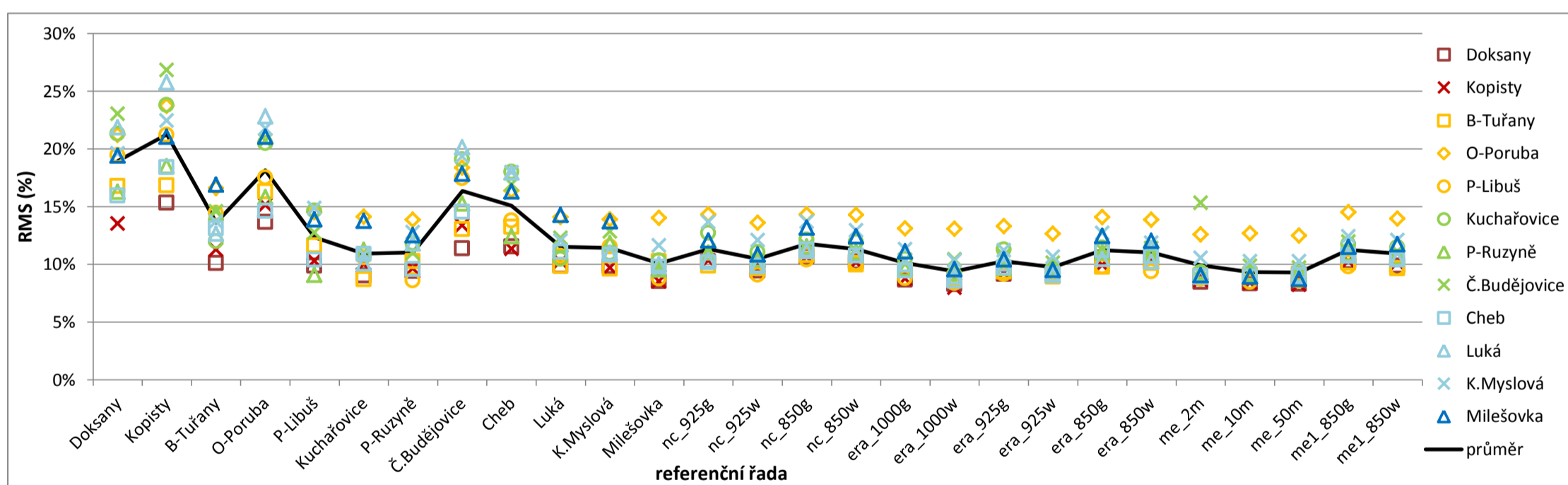
Příloha 1: Výsledky Metody 1 ve standardní variantě pro všechny kombinace referenčních a cílových řad část 8

kritérium: h4 - chyba simulace větrné růžice, součet rozdílů sektorových četností (%)

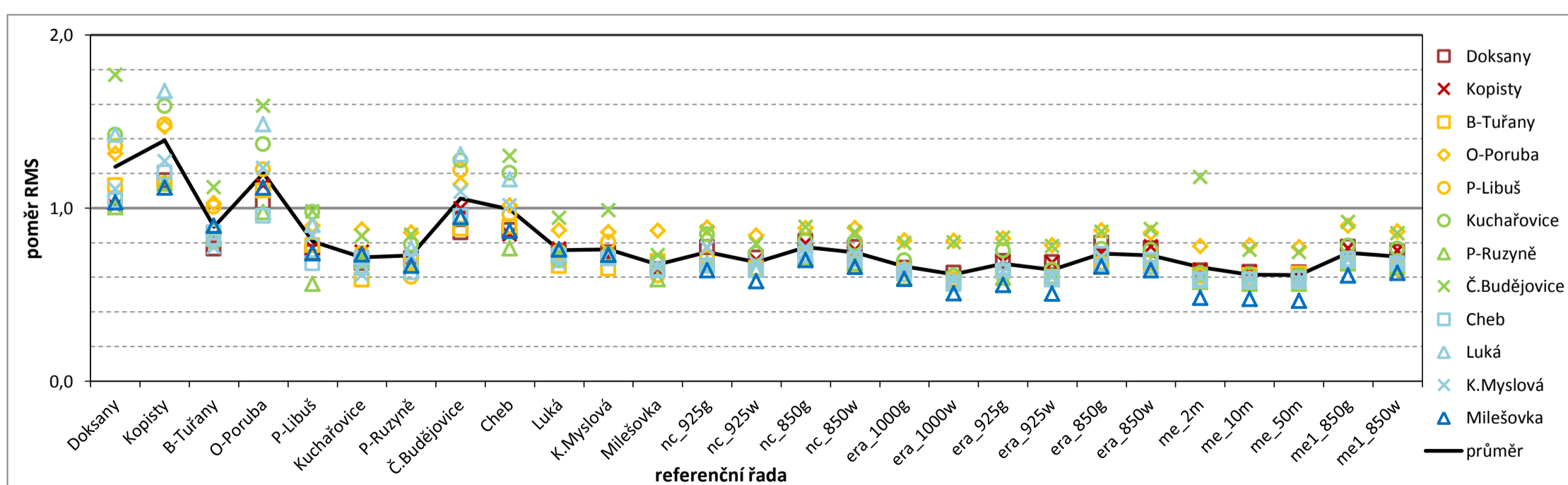
ukazatel: RMS - střední kvadratická hodnota

referenční řada	cílová řada												průměr
	Doksany	Kopisty	B-Tuřany	O-Porub.	P-Libuš	Kuchař.	P-Ruzyně	Č.Buděj.	Cheb	Luká	K.Mysl.	Mileš.	
Doksany		13,5%	16,8%	21,2%	19,5%	21,3%	16,3%	23,0%	16,0%	21,9%	19,6%	19,4%	18,9%
Kopisty	15,3%		16,8%	23,7%	21,2%	23,8%	18,5%	26,8%	18,4%	25,7%	22,5%	21,0%	21,3%
B-Tuřany	10,1%	11,3%		16,6%	14,4%	12,0%	14,4%	14,6%	13,1%	12,7%	13,7%	16,9%	13,6%
O-Poruba	13,7%	15,1%	16,3%		17,5%	20,5%	15,8%	20,7%	14,6%	22,8%	21,8%	21,0%	18,2%
P-Libuš	9,9%	10,3%	11,6%	14,5%		14,6%	9,1%	12,7%	10,4%	13,9%	14,9%	13,9%	12,3%
Kuchařovice	9,0%	10,0%	8,7%	14,1%	10,6%		11,3%	10,9%	10,9%	10,1%	10,9%	13,8%	10,9%
P-Ruzyně	9,4%	9,6%	10,3%	13,9%	8,6%	11,8%		11,0%	9,6%	11,8%	12,8%	12,5%	11,0%
Č.Budějovice	11,4%	13,4%	13,0%	18,4%	17,4%	19,1%	15,3%		14,5%	20,1%	19,3%	17,8%	16,3%
Cheb	11,5%	11,3%	13,2%	16,4%	13,8%	18,0%	12,4%	16,9%		17,9%	18,0%	16,3%	15,1%
Luká	9,9%	10,2%	9,8%	14,1%	10,7%	10,4%	11,7%	12,3%	11,1%		12,1%	14,3%	11,5%
K.Myslová	9,8%	9,7%	9,6%	13,9%	11,5%	11,0%	11,8%	12,8%	10,8%	11,0%		13,7%	11,4%
Milešovka	8,5%	8,5%	10,2%	14,0%	8,7%	10,3%	9,5%	9,5%	9,8%	10,0%	11,6%		10,1%
nc_925g	10,2%	10,3%	9,9%	14,3%	10,2%	12,7%	11,0%	11,2%	10,2%	10,4%	13,6%	12,1%	11,3%
nc_925w	9,4%	9,4%	9,6%	13,6%	9,1%	11,0%	10,4%	10,3%	9,8%	9,9%	12,1%	10,9%	10,5%
nc_850g	10,7%	10,6%	10,8%	14,3%	10,4%	12,1%	11,5%	11,6%	11,3%	11,1%	13,7%	13,2%	11,8%
nc_850w	10,2%	10,2%	10,0%	14,3%	10,1%	11,9%	11,0%	11,2%	10,7%	10,8%	12,9%	12,4%	11,3%
era_1000g	8,7%	8,8%	9,5%	13,1%	8,8%	10,4%	9,6%	10,4%	9,5%	10,0%	11,3%	11,1%	10,1%
era_1000w	8,3%	8,0%	8,7%	13,1%	8,4%	9,1%	9,3%	10,4%	8,5%	8,9%	10,3%	9,6%	9,4%
era_925g	9,2%	9,3%	9,3%	13,3%	9,1%	11,3%	9,7%	10,8%	9,7%	10,1%	11,2%	10,4%	10,3%
era_925w	9,1%	9,2%	8,9%	12,7%	9,2%	9,6%	9,8%	10,1%	9,1%	9,0%	10,6%	9,5%	9,7%
era_850g	10,6%	9,9%	9,8%	14,1%	9,8%	11,4%	11,0%	11,2%	11,2%	10,5%	12,7%	12,4%	11,2%
era_850w	10,2%	10,4%	10,1%	13,8%	9,4%	11,4%	10,8%	11,4%	10,7%	10,2%	11,9%	12,0%	11,0%
me_2m	8,5%	8,6%	9,1%	12,6%	8,7%	9,3%	9,3%	15,3%	9,0%	8,9%	10,6%	9,0%	9,9%
me_10m	8,3%	8,4%	9,1%	12,7%	8,4%	9,2%	9,1%	9,9%	8,9%	8,9%	10,3%	8,9%	9,3%
me_50m	8,3%	8,2%	9,2%	12,5%	8,6%	9,1%	9,1%	9,7%	9,0%	8,9%	10,3%	8,7%	9,3%
me1_850g	10,3%	10,3%	10,1%	14,5%	9,8%	11,7%	11,0%	12,0%	10,8%	10,7%	12,4%	11,5%	11,3%
me1_850w	9,8%	10,1%	9,6%	14,0%	9,6%	11,5%	10,6%	11,1%	10,4%	10,5%	12,1%	11,7%	10,9%
průměr	10,0%	10,2%	10,8%	14,8%	11,4%	12,9%	11,5%	13,1%	11,1%	12,7%	13,6%	13,3%	12,2%
Nul. metoda	13,2%	13,4%	14,8%	16,1%	14,3%	15,0%	16,2%	13,0%	15,3%	15,4%	17,7%	18,8%	15,3%

poznámky: podbarvením jsou zvýrazněny 3 nejvyšší a 3 nejnižší hodnoty
červeným písmem jsou označeny hodnoty pro pozemní referenční stanice vzdálené více než 100 km od cílové stanice



Graf 1: shodné s tabulkou



Graf 2: Poměr k výsledkům pro Nulovou metodu

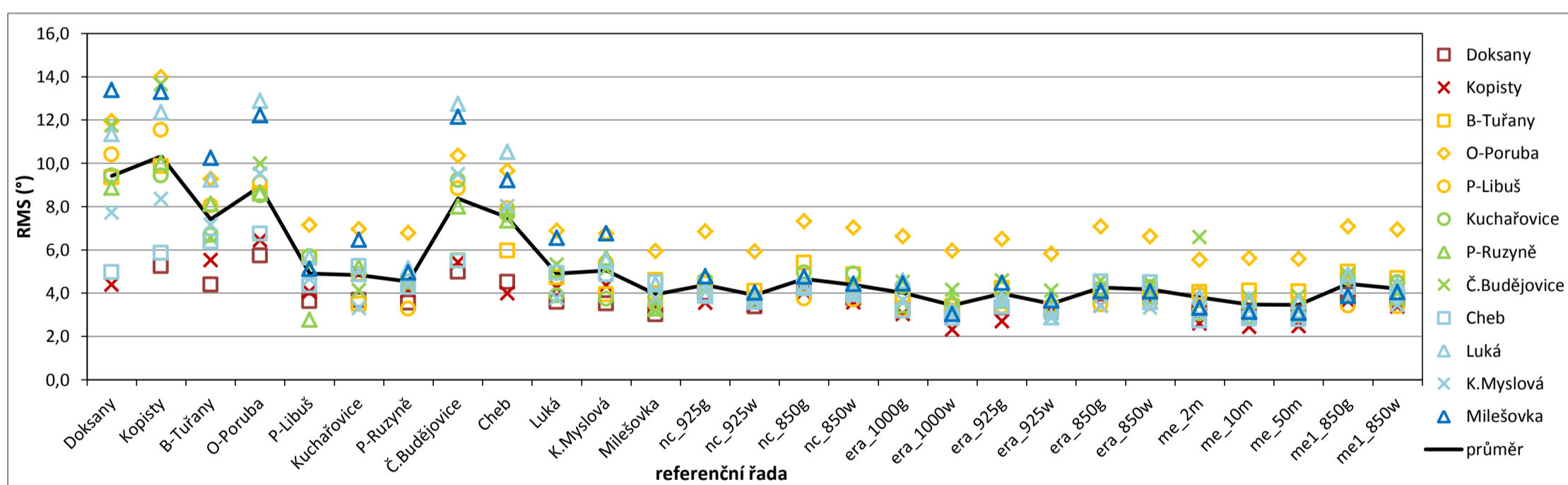
Příloha 1: Výsledky Metody 1 ve standardní variantě pro všechny kombinace referenčních a cílových řad část 9

kritérium: h5 - chyba simulace větrné růžice, KSI pro směr větru (°)

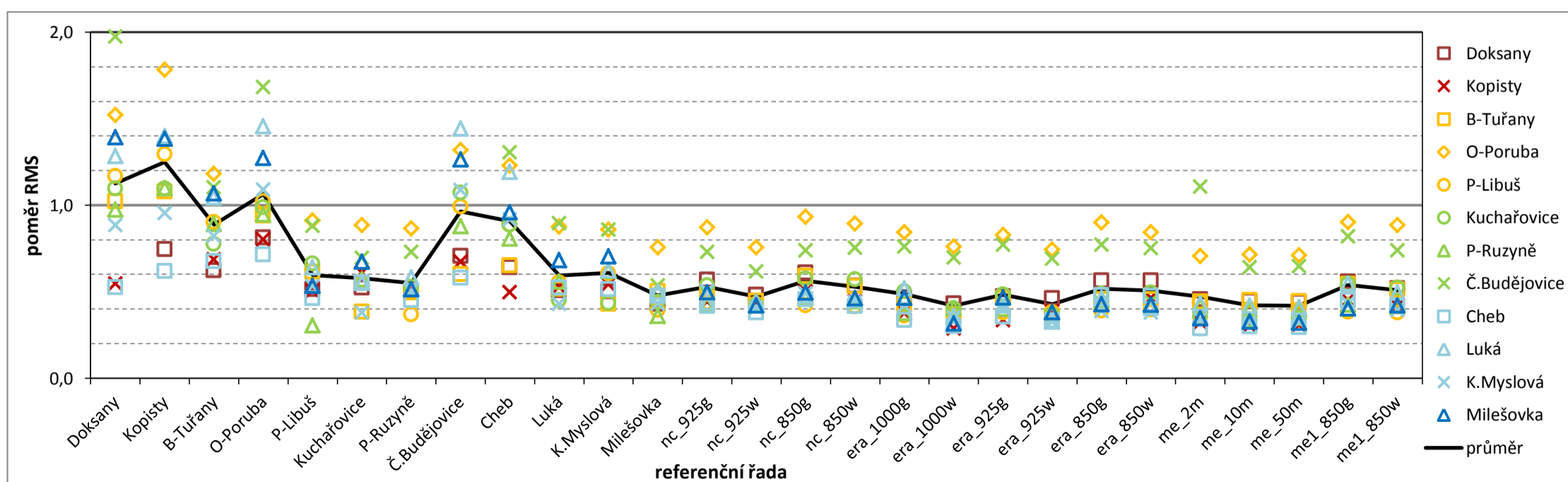
ukazatel: RMS - střední kvadratická hodnota

referenční řada	cílová řada												průměr
	Doksany	Kopisty	B-Tuřany	O-Porub.	P-Libuš	Kuchař.	P-Ruzyně	Č.Buděj.	Cheb	Luká	K.Mysl.	Mileš.	
Doksany		4,394	9,346	11,934	10,404	9,430	8,875	11,738	4,966	11,344	7,726	13,382	9,413
Kopisty	5,245		9,871	13,984	11,529	9,430	10,015	13,639	5,847	12,360	8,341	13,303	10,324
B-Tuřany	4,398	5,515		9,276	8,045	6,679	8,119	6,556	6,382	9,231	7,170	10,254	7,420
O-Poruba	5,733	6,445	8,587		9,105	8,500	8,611	9,993	6,751	12,872	9,516	12,224	8,940
P-Libuš	3,621	4,061	5,622	7,151		5,697	2,775	5,237	4,358	5,664	4,650	5,131	4,906
Kuchařovice	3,677	4,910	3,508	6,949	4,881		5,209	4,130	5,244	4,871	3,306	6,470	4,832
P-Ruzyně	3,555	4,103	4,515	6,782	3,280	4,534		4,343	4,273	5,140	4,409	4,946	4,535
Č.Budějovice	4,982	5,411	5,501	10,357	8,835	9,218	7,993		5,480	12,743	9,493	12,142	8,378
Cheb	4,521	3,995	5,952	9,654	7,910	7,621	7,349	7,754		10,529	8,016	9,216	7,502
Luká	3,581	4,239	4,724	6,879	4,929	3,886	5,084	5,318	4,939		3,755	6,560	4,899
K.Myslová	3,524	4,363	3,932	6,746	5,405	3,724	5,632	5,101	4,868	5,516		6,760	5,052
Milešovka	3,016	3,436	4,595	5,939	3,509	3,786	3,283	3,180	4,493	4,416	3,755		3,946
nc_925g	4,009	3,553	4,443	6,840	3,900	4,604	3,889	4,339	3,937	3,864	4,391	4,775	4,379
nc_925w	3,386	3,471	4,086	5,929	3,821	3,640	3,829	3,667	3,574	3,898	3,565	4,031	3,908
nc_850g	4,294	4,039	5,409	7,317	3,750	4,953	4,227	4,391	4,295	4,226	4,289	4,755	4,662
nc_850w	3,755	3,568	4,860	7,015	3,696	4,903	4,048	4,480	3,936	3,979	3,841	4,432	4,376
era_1000g	3,283	3,035	3,903	6,626	3,215	4,305	3,437	4,518	3,181	4,584	3,665	4,450	4,017
era_1000w	3,035	2,319	3,377	5,967	3,192	3,465	3,684	4,143	2,841	3,175	3,061	3,025	3,440
era_925g	3,326	2,706	4,229	6,497	3,386	4,168	3,649	4,587	3,365	3,722	3,583	4,473	3,974
era_925w	3,247	3,102	3,286	5,825	3,390	3,155	3,410	4,108	3,151	2,878	2,860	3,655	3,506
era_850g	3,978	3,419	4,166	7,066	3,468	4,188	4,104	4,581	4,534	4,080	3,391	4,093	4,256
era_850w	3,978	3,740	4,170	6,616	3,524	4,262	3,847	4,467	4,497	3,591	3,318	4,076	4,174
me_2m	3,212	2,598	4,043	5,532	3,911	3,052	3,818	6,584	2,709	3,820	2,990	3,330	3,800
me_10m	3,154	2,442	4,119	5,602	3,573	2,907	3,624	3,801	2,826	3,695	2,831	3,140	3,476
me_50m	3,104	2,470	4,074	5,583	3,536	2,985	3,619	3,842	2,789	3,610	2,823	3,080	3,460
me1_850g	3,927	3,632	4,980	7,072	3,413	4,678	3,879	4,866	4,273	4,835	3,790	3,865	4,434
me1_850w	3,656	3,371	4,679	6,941	3,374	4,498	3,797	4,391	3,951	4,367	3,440	4,039	4,209
průměr	3,822	3,799	5,012	7,405	5,104	5,111	5,040	5,574	4,300	5,946	4,741	6,223	5,231
Nul. metoda	7,050	8,049	9,152	7,852	8,913	8,607	9,115	5,946	9,462	8,842	8,740	9,615	8,445

poznámky: podbarvením jsou zvýrazněny 3 nejvyšší a 3 nejnižší hodnoty
červeným písmem jsou označeny hodnoty pro pozemní referenční stanice vzdálené více než 100 km od cílové stanice



Graf 1: shodně s tabulkou



Graf 2: Poměr k výsledkům pro Nulovou metodu

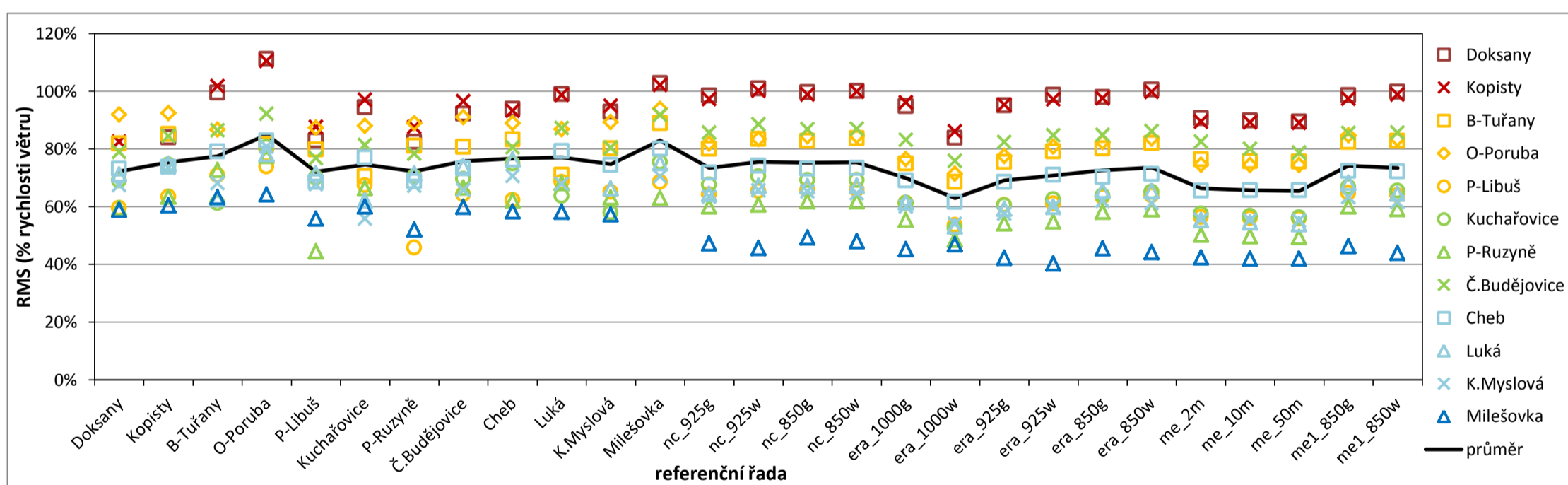
Příloha 1: Výsledky Metody 1 ve standardní variantě pro všechny kombinace referenčních a cílových řad část 10

kritérium: h6 - střední kvadratická chyba simulace termínových rychlostí větru (% skutečné rychlosti větru na cílové řadě)

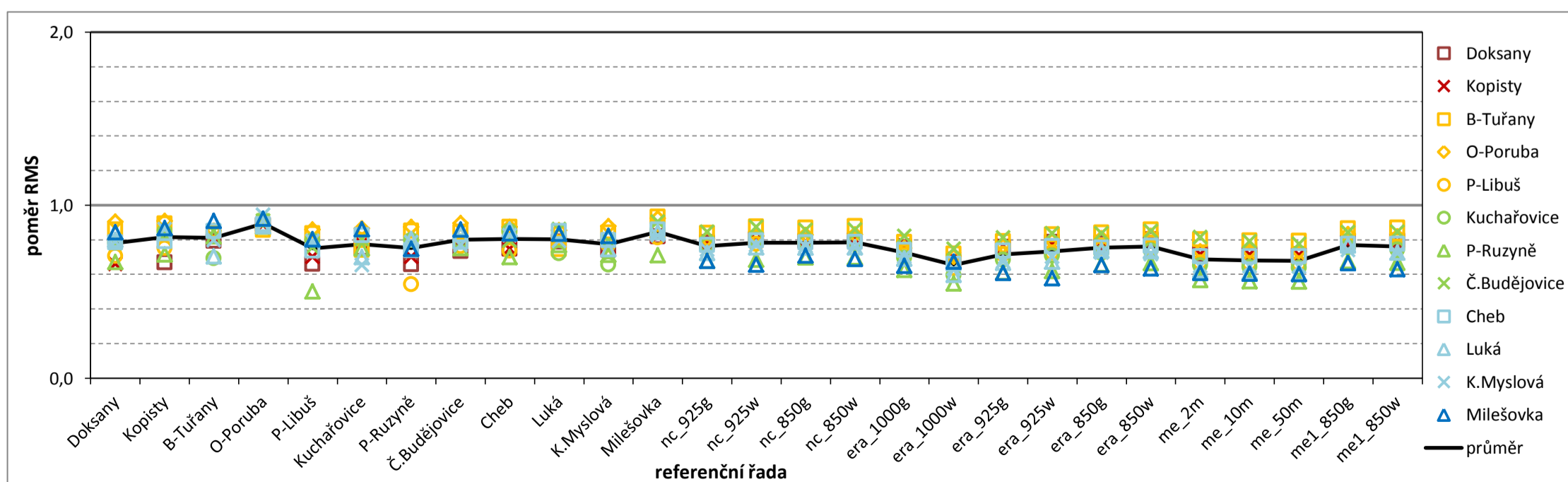
ukazatel: RMS - střední kvadratická hodnota

referenční řada	cílová řada												průměr
	Doksany	Kopisty	B-Tuřany	O-Porub.	P-Libuš	Kuchař.	P-Ruzyně	Č.Buděj.	Cheb	Luká	K.Mysl.	Mileš.	
Doksany		82,4%	81,8%	92,0%	59,5%	69,0%	59,5%	79,0%	73,1%	71,1%	67,5%	58,8%	72,2%
Kopisty	83,9%		85,1%	92,5%	63,4%	74,5%	63,3%	84,4%	73,7%	74,7%	73,5%	60,4%	75,4%
B-Tuřany	99,4%	101,7%		86,6%	70,9%	61,1%	72,6%	86,4%	79,1%	62,6%	68,1%	63,3%	77,4%
O-Poruba	111,2%	110,4%	81,6%		73,9%	80,7%	77,6%	92,2%	82,8%	78,2%	80,7%	64,2%	84,9%
P-Libuš	82,8%	87,6%	79,8%	87,4%		70,1%	44,4%	76,7%	68,5%	71,5%	67,7%	55,8%	72,0%
Kuchařovice	94,4%	97,0%	70,5%	88,0%	67,3%		66,4%	81,4%	77,0%	62,1%	55,8%	60,0%	74,5%
P-Ruzyně	82,4%	87,5%	81,1%	88,8%	45,8%	70,3%		78,3%	68,7%	71,5%	67,2%	52,0%	72,2%
Č.Budějovice	92,2%	96,4%	80,6%	91,0%	64,2%	69,5%	66,5%		73,2%	74,0%	65,8%	59,8%	75,8%
Cheb	93,8%	93,2%	83,2%	88,8%	62,2%	74,9%	62,0%	80,6%		76,3%	70,6%	58,3%	76,7%
Luká	99,0%	98,7%	71,0%	86,9%	68,5%	63,6%	68,1%	87,2%	79,2%		67,8%	58,1%	77,1%
K.Myslová	92,8%	94,9%	80,1%	89,3%	65,1%	57,9%	63,1%	80,4%	74,4%	66,3%		57,3%	74,7%
Milešovka	102,8%	102,1%	88,8%	93,9%	68,5%	75,4%	63,0%	91,7%	80,0%	75,0%	70,5%		82,9%
nc_925g	98,4%	97,2%	80,0%	81,8%	64,2%	67,5%	60,0%	85,6%	71,7%	64,3%	63,4%	47,2%	73,4%
nc_925w	100,9%	100,1%	83,4%	83,4%	65,3%	70,4%	60,6%	88,5%	74,1%	67,2%	65,7%	45,6%	75,4%
nc_850g	99,5%	98,8%	82,8%	84,3%	65,7%	69,1%	61,9%	86,8%	73,0%	67,1%	65,2%	49,3%	75,3%
nc_850w	99,9%	99,9%	83,7%	84,4%	65,8%	69,2%	61,9%	86,9%	73,3%	67,2%	64,5%	47,9%	75,4%
era_1000g	94,7%	96,0%	74,9%	76,5%	61,4%	61,2%	55,4%	83,2%	69,0%	61,4%	60,0%	45,2%	69,9%
era_1000w	83,8%	86,0%	68,5%	71,4%	53,6%	52,4%	48,5%	75,8%	61,5%	53,1%	53,9%	46,9%	63,0%
era_925g	95,1%	95,3%	75,4%	77,5%	60,5%	60,4%	54,1%	82,3%	68,5%	59,3%	57,6%	42,3%	69,0%
era_925w	98,6%	97,1%	79,1%	80,7%	61,1%	62,4%	54,8%	84,7%	71,0%	59,9%	59,9%	40,2%	70,8%
era_850g	97,9%	97,5%	80,2%	82,3%	63,3%	63,8%	58,2%	84,8%	70,2%	65,5%	62,0%	45,5%	72,6%
era_850w	100,5%	99,8%	81,9%	83,6%	63,8%	65,1%	59,0%	86,1%	71,2%	65,3%	61,2%	44,2%	73,5%
me_2m	90,5%	89,4%	76,3%	74,4%	56,3%	57,5%	50,2%	82,5%	65,5%	55,3%	55,4%	42,3%	66,3%
me_10m	89,8%	89,1%	75,7%	74,4%	56,0%	56,7%	49,7%	80,0%	65,6%	54,5%	55,3%	42,0%	65,7%
me_50m	89,4%	89,0%	75,6%	74,4%	55,8%	56,2%	49,5%	78,7%	65,6%	53,9%	55,1%	41,9%	65,4%
me1_850g	98,5%	97,4%	82,3%	84,7%	64,7%	66,7%	59,9%	85,4%	72,2%	68,2%	63,2%	46,3%	74,1%
me1_850w	99,7%	98,8%	82,8%	83,4%	63,9%	65,5%	59,1%	85,7%	72,2%	64,5%	61,5%	43,9%	73,4%
průměr	94,9%	95,4%	79,3%	84,0%	62,7%	65,8%	59,6%	83,6%	72,1%	65,8%	63,9%	51,0%	73,3%
Nul. metoda	125,4%	124,8%	95,3%	101,7%	84,3%	88,2%	88,7%	101,3%	93,2%	89,0%	85,5%	69,7%	95,6%

poznámky: podbarvením jsou zvýrazněny 3 nejvyšší a 3 nejnižší hodnoty
červeným písmem jsou označeny hodnoty pro pozemní referenční stanice vzdálené více než 100 km od cílové stanice



Graf 1: shodné s tabulkou



Graf 2: Poměr k výsledkům pro Nulovou metodu

Příloha 2: Porovnání výsledků pro různé metody

vysvětlivky

sloupce

	cílová řada	referenční řada
KP/me	Kopisty	MERRA, modelový vítr ve výšce 10 m nad zemí
KP/nc	Kopisty	NCEP/NCAR, geostrofický vítr na hladině 925 hPa
KP/MI	Kopisty	Milešovka
PO/me	Ostrava-Poruba	MERRA, modelový vítr ve výšce 10 m nad zemí
PO/nc	Ostrava-Poruba	NCEP/NCAR, geostrofický vítr na hladině 925 hPa
PO/LU	Ostrava-Poruba	Luká
RU/me	Praha-Ruzyně	MERRA, modelový vítr ve výšce 10 m nad zemí
RU/nc	Praha-Ruzyně	NCEP/NCAR, geostrofický vítr na hladině 925 hPa
RU/LI	Praha-Ruzyně	Praha-Libuš
RU/MI	Praha-Ruzyně	Milešovka
MI/me	Milešovka	MERRA, modelový vítr ve výšce 10 m nad zemí
MI/nc	Milešovka	NCEP/NCAR, geostrofický vítr na hladině 925 hPa
MI/RU	Milešovka	Praha-Ruzyně

metoda typ metody

DD počet uvažovaných sektorů směrů větru

řádky

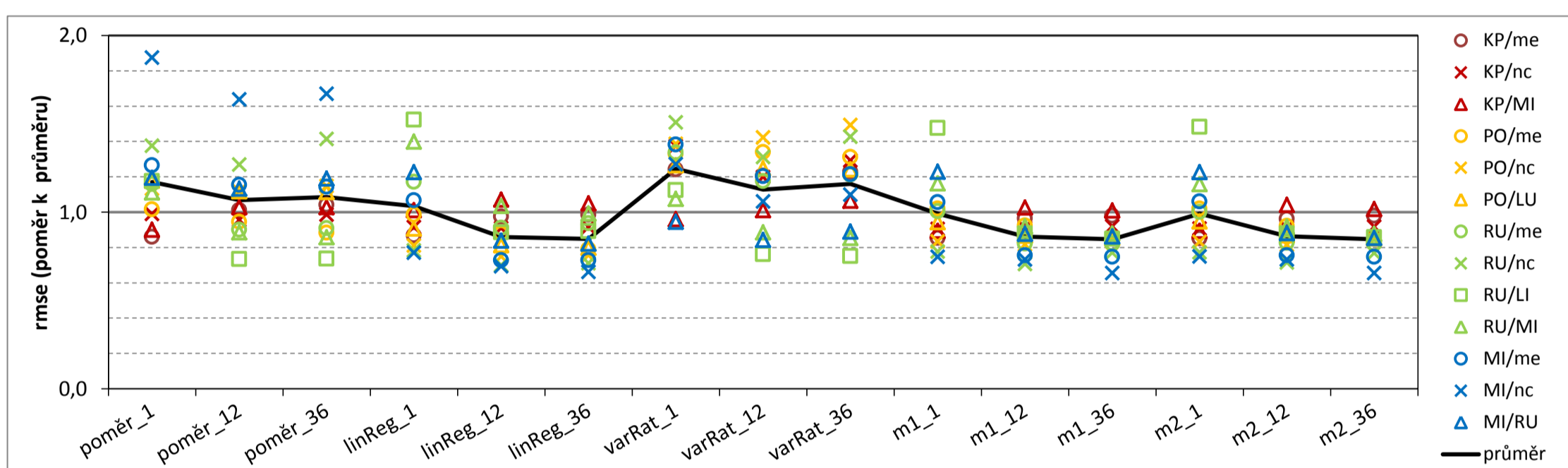
metoda	DD	zkráceně	název metody
poměr	1	poměr_1	Metoda poměrů
poměr	12	poměr_12	Metoda poměrů
poměr	36	poměr_36	Metoda poměrů
linReg	1	linReg_1	Lineární regrese
linReg	12	linReg_12	Lineární regrese
linReg	36	linReg_36	Lineární regrese
varRat	1	varRat_1	Variance ratio
varRat	12	varRat_12	Variance ratio
varRat	36	varRat_36	Variance ratio
m1	1	m1_1	Metoda 1
m1	12	m1_12	Metoda 1
m1	36	m1_36	Metoda 1
m2	1	m2_1	Metoda 2
m2	12	m2_12	Metoda 2
m2	36	m2_36	Metoda 2
<i>Nulová m.</i>			Nulová metoda

Příloha 2: Porovnání výsledků pro různé metody

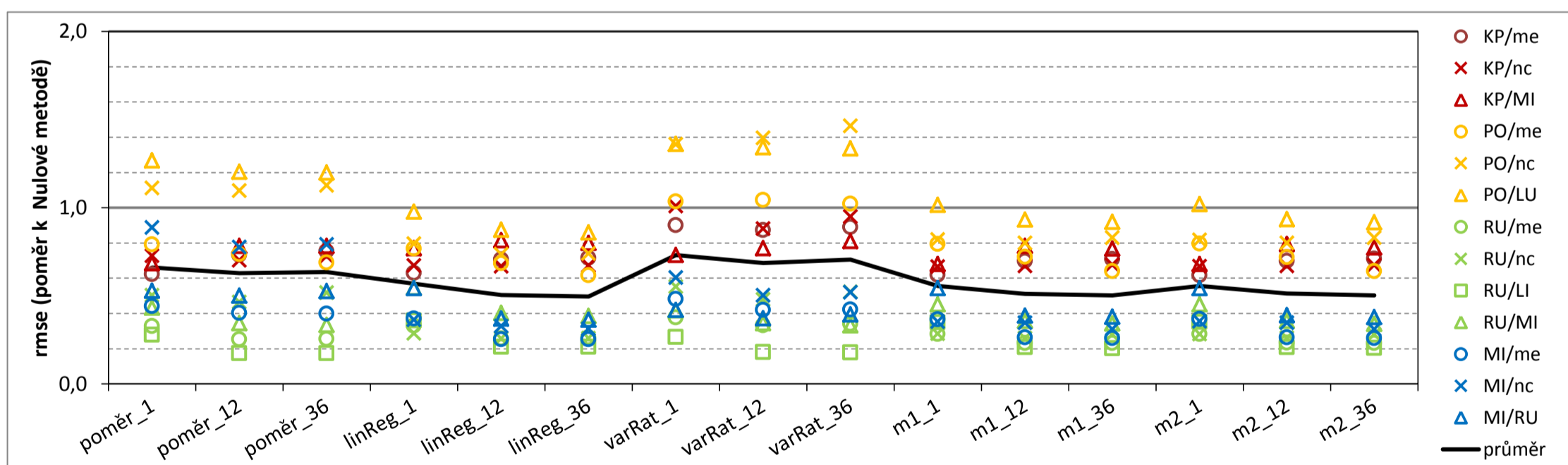
kritérium: h1 - chyba simulace průměrné rychlosti větru (% skutečné rychlosti větru na cílové řadě)

ukazatel: RMSE - střední kvadratická chyba

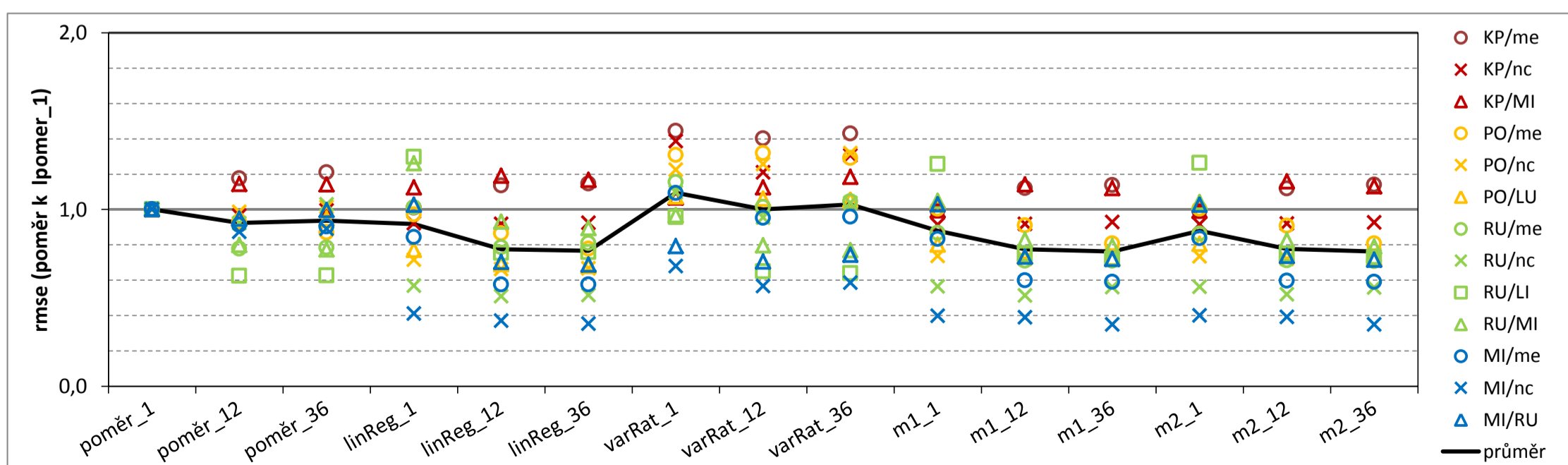
metoda	DD	KP/me	KP/nc	KP/MI	PO/me	PO/nc	PO/LU	RU/me	RU/nc	RU/LI	RU/MI	MI/me	MI/nc	MI/RU	průměr
poměr	1	5,00%	5,85%	5,50%	4,86%	6,81%	7,77%	1,98%	3,06%	1,69%	2,62%	2,22%	4,48%	2,67%	4,19%
poměr	12	5,88%	5,64%	6,28%	4,51%	6,72%	7,38%	1,54%	2,82%	1,05%	2,09%	2,03%	3,91%	2,53%	4,03%
poměr	36	6,05%	5,82%	6,28%	4,22%	6,91%	7,36%	1,55%	3,14%	1,06%	2,02%	2,01%	3,99%	2,66%	4,08%
linReg	1	5,05%	5,40%	6,19%	4,71%	4,88%	5,99%	2,01%	1,74%	2,19%	3,31%	1,87%	1,84%	2,74%	3,68%
linReg	12	5,68%	5,37%	6,55%	4,20%	4,51%	5,36%	1,56%	1,55%	1,27%	2,44%	1,28%	1,66%	1,87%	3,33%
linReg	36	5,74%	5,40%	6,42%	3,78%	4,54%	5,27%	1,60%	1,58%	1,28%	2,34%	1,28%	1,58%	1,84%	3,28%
varRat	1	7,23%	8,11%	5,87%	6,35%	8,34%	8,35%	2,29%	3,35%	1,61%	2,54%	2,43%	3,04%	2,11%	4,74%
varRat	12	7,02%	7,07%	6,19%	6,40%	8,56%	8,23%	2,01%	2,92%	1,09%	2,09%	2,11%	2,53%	1,88%	4,47%
varRat	36	7,15%	7,63%	6,51%	6,26%	8,98%	8,19%	2,07%	3,17%	1,08%	2,02%	2,13%	2,63%	1,99%	4,60%
m1	1	4,96%	5,34%	5,47%	4,87%	5,02%	6,23%	1,72%	1,72%	2,12%	2,75%	1,85%	1,78%	2,75%	3,58%
m1	12	5,61%	5,37%	6,28%	4,42%	4,91%	5,71%	1,40%	1,57%	1,26%	2,17%	1,33%	1,75%	1,96%	3,36%
m1	36	5,69%	5,43%	6,16%	3,92%	5,09%	5,64%	1,41%	1,71%	1,22%	2,08%	1,31%	1,57%	1,92%	3,32%
m2	1	4,95%	5,35%	5,46%	4,87%	5,01%	6,25%	1,71%	1,72%	2,13%	2,73%	1,86%	1,79%	2,74%	3,58%
m2	12	5,59%	5,38%	6,37%	4,40%	4,91%	5,73%	1,41%	1,59%	1,26%	2,17%	1,33%	1,75%	1,97%	3,37%
m2	36	5,70%	5,42%	6,22%	3,92%	5,09%	5,62%	1,40%	1,71%	1,23%	2,07%	1,31%	1,56%	1,91%	3,32%
průměr		5,82%	5,90%	6,12%	4,78%	6,02%	6,61%	1,71%	2,22%	1,44%	2,36%	1,76%	2,39%	2,24%	3,80%
Nulová m.		8,03%	8,03%	8,03%	6,13%	6,13%	6,13%	6,07%	6,07%	6,07%	6,07%	5,05%	5,05%	5,05%	6,30%



Graf 1: Poměr k průměru z porovnávaných metod (kromě Nulové metody)



Graf 2: Poměr k výsledku pro Nulovou metodu



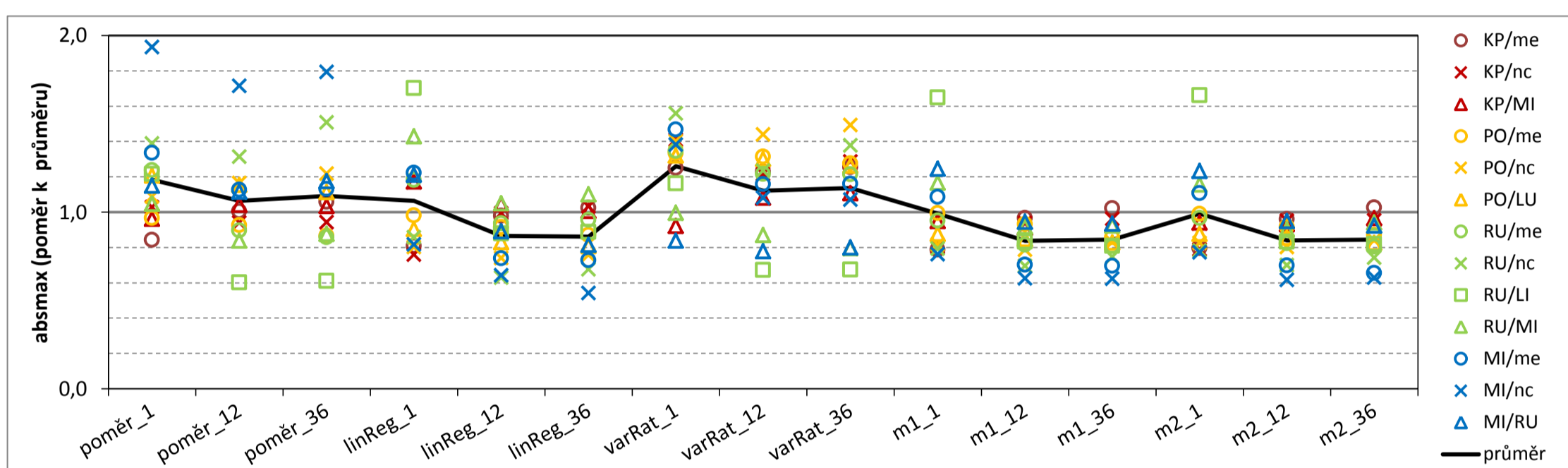
Graf 3: Poměr k výsledku pro metodu poměr_1

Příloha 2: Porovnání výsledků pro různé metody

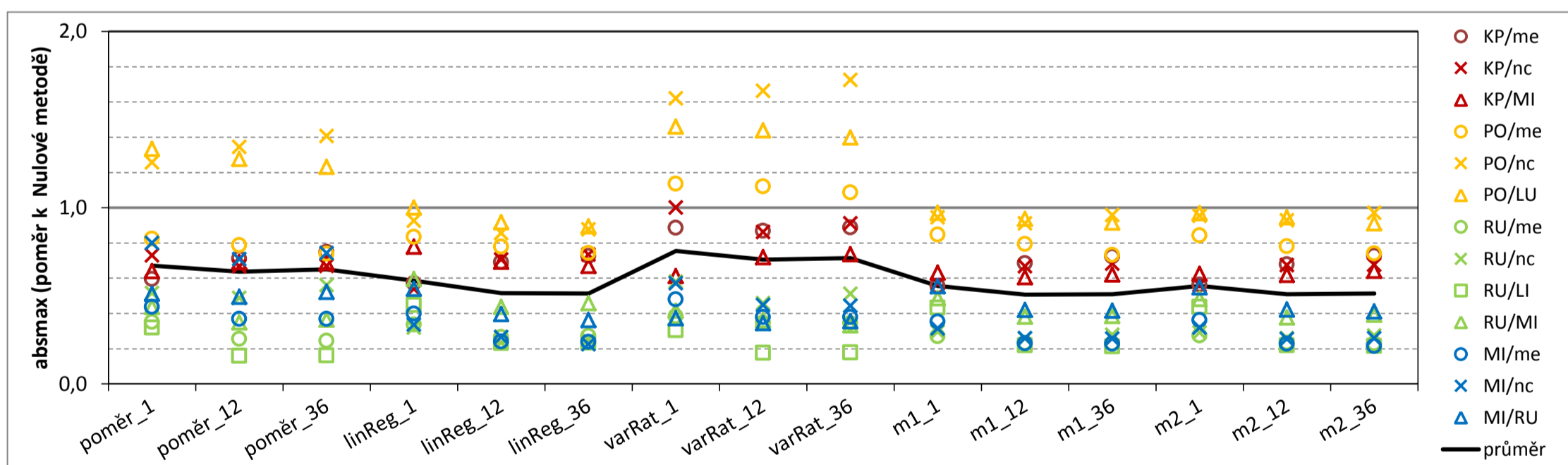
kritérium: h1 - chyba simulace průměrné rychlosti větru (% skutečné rychlosti větru na cílové řadě)

ukazatel: absmax - nejvyšší absolutní hodnota chyby

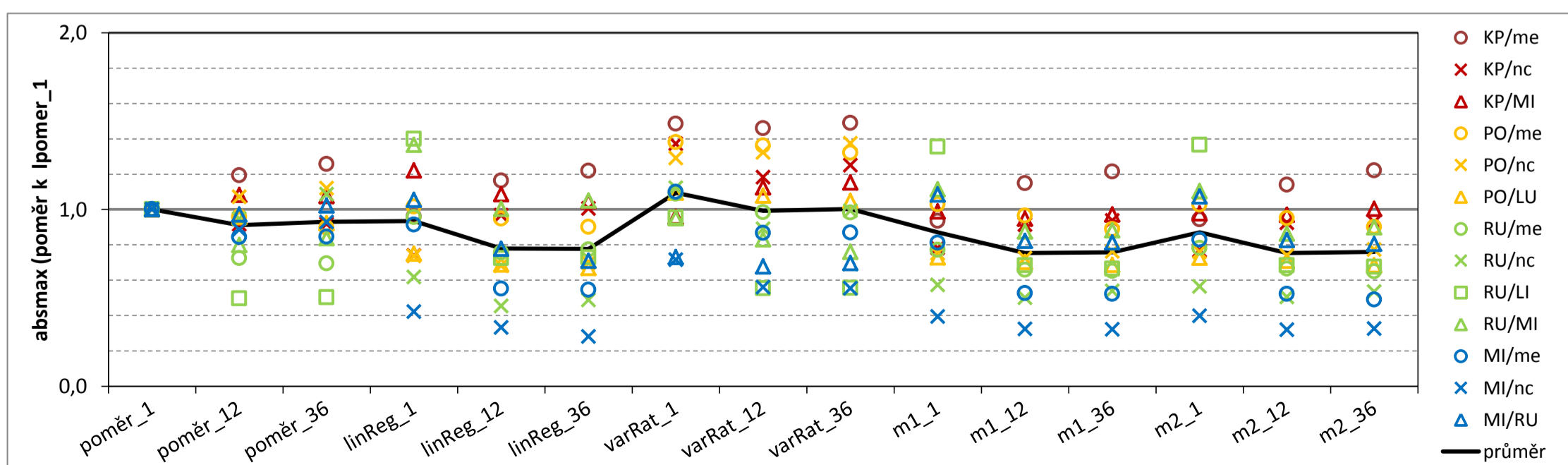
metoda	DD	KP/me	KP/nc	KP/MI	PO/me	PO/nc	PO/LU	RU/me	RU/nc	RU/LI	RU/MI	MI/me	MI/nc	MI/RU	průměr
poměr	1	11,33%	13,88%	12,16%	9,33%	14,24%	15,13%	4,71%	6,90%	4,27%	5,83%	5,22%	9,58%	6,12%	9,13%
poměr	12	13,51%	12,70%	13,15%	8,93%	15,25%	14,46%	3,41%	6,54%	2,11%	4,66%	4,40%	8,49%	5,94%	8,74%
poměr	36	14,25%	12,74%	13,09%	8,37%	15,95%	13,96%	3,27%	7,50%	2,14%	4,88%	4,42%	8,88%	6,26%	8,90%
linReg	1	10,88%	10,24%	14,83%	9,47%	10,50%	11,35%	4,50%	4,26%	5,98%	7,96%	4,78%	4,04%	6,45%	8,10%
linReg	12	13,17%	13,42%	13,21%	8,83%	9,71%	10,40%	3,56%	3,13%	3,09%	5,85%	2,88%	3,18%	4,75%	7,32%
linReg	36	13,79%	13,94%	12,72%	8,41%	9,93%	10,13%	3,64%	3,36%	3,11%	6,13%	2,85%	2,69%	4,34%	7,31%
varRat	1	16,83%	19,03%	11,64%	12,88%	18,37%	16,55%	5,13%	7,75%	4,08%	5,54%	5,74%	6,84%	4,47%	10,37%
varRat	12	16,54%	16,40%	13,68%	12,70%	18,85%	16,30%	4,63%	6,14%	2,36%	4,85%	4,53%	5,35%	4,14%	9,73%
varRat	36	16,87%	17,35%	14,01%	12,32%	19,55%	15,85%	4,62%	6,85%	2,37%	4,43%	4,54%	5,30%	4,26%	9,87%
m1	1	10,59%	10,84%	12,01%	9,59%	10,71%	11,01%	3,62%	3,95%	5,79%	6,50%	4,24%	3,77%	6,63%	7,63%
m1	12	13,01%	12,68%	11,51%	8,99%	10,32%	10,62%	3,10%	3,45%	2,92%	5,11%	2,74%	3,10%	5,03%	7,12%
m1	36	13,77%	13,00%	11,81%	8,29%	10,86%	10,37%	3,07%	3,71%	2,84%	5,14%	2,72%	3,08%	4,98%	7,20%
m2	1	10,70%	10,67%	11,89%	9,57%	10,82%	10,98%	3,68%	3,89%	5,83%	6,44%	4,33%	3,82%	6,56%	7,63%
m2	12	12,91%	12,84%	11,77%	8,86%	10,52%	10,72%	3,13%	3,48%	2,92%	5,03%	2,73%	3,05%	5,05%	7,15%
m2	36	13,82%	12,88%	12,20%	8,40%	11,02%	10,34%	3,06%	3,68%	2,88%	5,24%	2,56%	3,12%	4,92%	7,24%
průměr		13,5%	13,5%	12,6%	9,7%	13,1%	12,5%	3,8%	5,0%	3,5%	5,6%	3,9%	5,0%	5,3%	8,2%
Nulová m.		19,0%	19,0%	19,0%	11,3%	11,3%	11,3%	13,4%	13,4%	13,4%	13,4%	12,0%	12,0%	12,0%	13,9%



Graf 1: Poměr k průměru z porovnávaných metod (kromě Nulové metody)



Graf 2: Poměr k výsledku pro Nulovou metodu



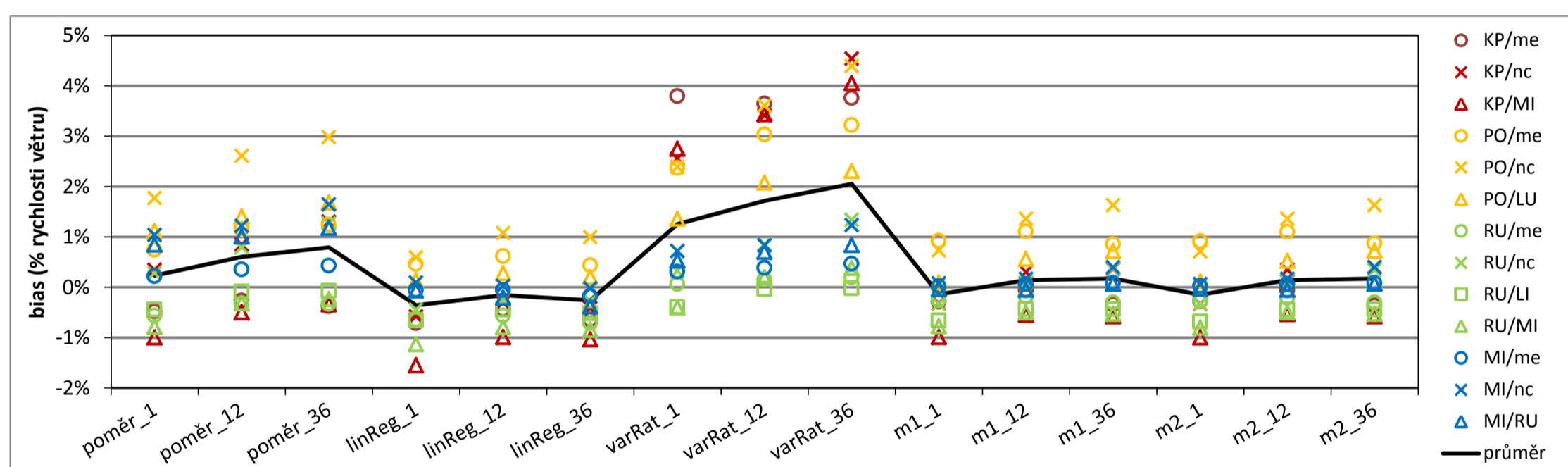
Graf 3: Poměr k výsledku pro metodu poměr_1

Příloha 2: Porovnání výsledků pro různé metody

kritérium: **h1** - chyba simulace průměrné rychlosti větru (% skutečné rychlosti větru na cílové řadě)

ukazatel: **bias** - systematická chyba

metoda	DD	KP/me	KP/nc	KP/MI	PO/me	PO/nc	PO/LU	RU/me	RU/nc	RU/LI	RU/MI	MI/me	MI/nc	MI/RU	průměr
poměr	1	-0,48%	0,34%	-1,00%	0,74%	1,77%	1,11%	-0,57%	0,27%	-0,45%	-0,79%	0,22%	1,04%	0,84%	0,23%
poměr	12	-0,27%	0,84%	-0,50%	1,15%	2,60%	1,40%	-0,33%	0,79%	-0,09%	-0,32%	0,35%	1,22%	1,01%	0,61%
poměr	36	-0,38%	1,30%	-0,34%	1,24%	2,98%	1,68%	-0,33%	1,26%	-0,07%	-0,24%	0,42%	1,64%	1,18%	0,79%
linReg	1	-0,72%	-0,58%	-1,55%	0,45%	0,59%	0,13%	-0,65%	-0,45%	-0,66%	-1,13%	-0,06%	0,09%	-0,07%	-0,35%
linReg	12	-0,44%	-0,31%	-1,00%	0,61%	1,08%	0,28%	-0,57%	-0,24%	-0,45%	-0,80%	-0,06%	0,02%	-0,21%	-0,16%
linReg	36	-0,65%	-0,42%	-1,04%	0,43%	0,99%	0,20%	-0,72%	-0,28%	-0,52%	-0,85%	-0,18%	-0,03%	-0,38%	-0,26%
varRat	1	3,79%	2,55%	2,74%	2,37%	2,39%	1,36%	0,06%	0,32%	-0,40%	-0,40%	0,30%	0,71%	0,53%	1,26%
varRat	12	3,64%	3,41%	3,43%	3,03%	3,61%	2,07%	0,15%	0,85%	-0,03%	0,20%	0,38%	0,83%	0,70%	1,71%
varRat	36	3,76%	4,54%	4,05%	3,22%	4,39%	2,31%	0,20%	1,34%	-0,02%	0,38%	0,46%	1,23%	0,84%	2,05%
m1	1	-0,29%	-0,32%	-1,00%	0,92%	0,73%	0,09%	-0,26%	-0,33%	-0,67%	-0,77%	0,01%	0,08%	-0,04%	-0,14%
m1	12	-0,06%	0,30%	-0,55%	1,10%	1,36%	0,56%	-0,20%	0,09%	-0,44%	-0,50%	0,06%	0,17%	-0,06%	0,14%
m1	36	-0,35%	0,36%	-0,59%	0,85%	1,62%	0,71%	-0,31%	0,37%	-0,44%	-0,53%	0,08%	0,39%	0,06%	0,17%
m2	1	-0,28%	-0,34%	-1,00%	0,91%	0,71%	0,11%	-0,28%	-0,34%	-0,69%	-0,81%	0,02%	0,06%	-0,03%	-0,15%
m2	12	-0,07%	0,34%	-0,54%	1,10%	1,36%	0,53%	-0,21%	0,12%	-0,45%	-0,50%	0,06%	0,17%	-0,05%	0,14%
m2	36	-0,36%	0,40%	-0,58%	0,86%	1,63%	0,72%	-0,31%	0,34%	-0,45%	-0,53%	0,08%	0,39%	0,07%	0,17%
průměr		0,46%	0,83%	0,04%	1,27%	1,85%	0,88%	-0,29%	0,27%	-0,39%	-0,51%	0,14%	0,53%	0,29%	0,41%
<i>Nulová m.</i>		<i>-1,36%</i>	<i>-1,36%</i>	<i>-1,36%</i>	<i>-0,11%</i>	<i>-0,11%</i>	<i>-0,11%</i>	<i>-1,37%</i>	<i>-1,37%</i>	<i>-1,37%</i>	<i>-1,37%</i>	<i>-0,45%</i>	<i>-0,45%</i>	<i>-0,45%</i>	<i>-0,87%</i>



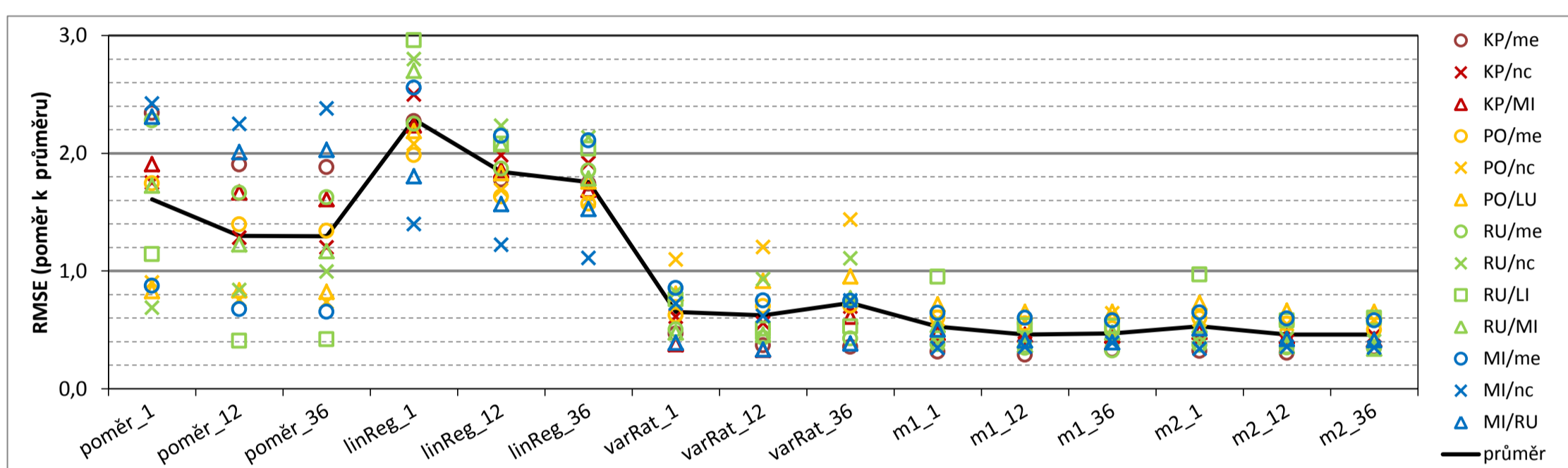
Graf 1: shodné s tabulkou

Příloha 2: Porovnání výsledků pro různé metody

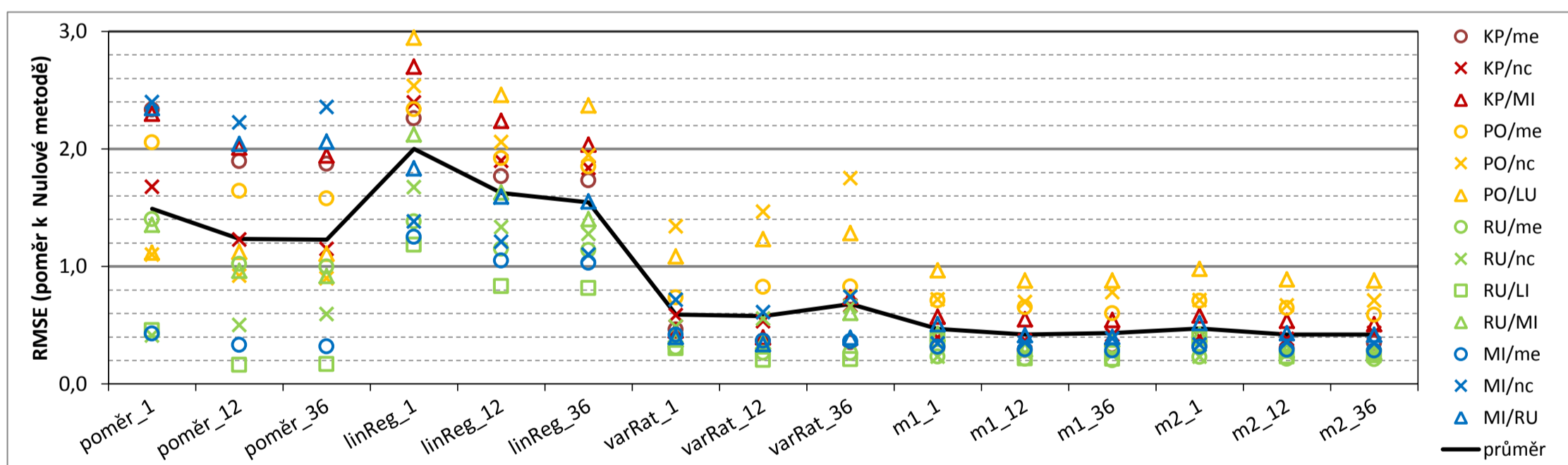
kritérium: h2 - chyba simulace průměrné hustoty výkonu (% skutečné hustoty výkonu větru na cílové řadě)

ukazatel: RMSE - střední kvadratická chyba

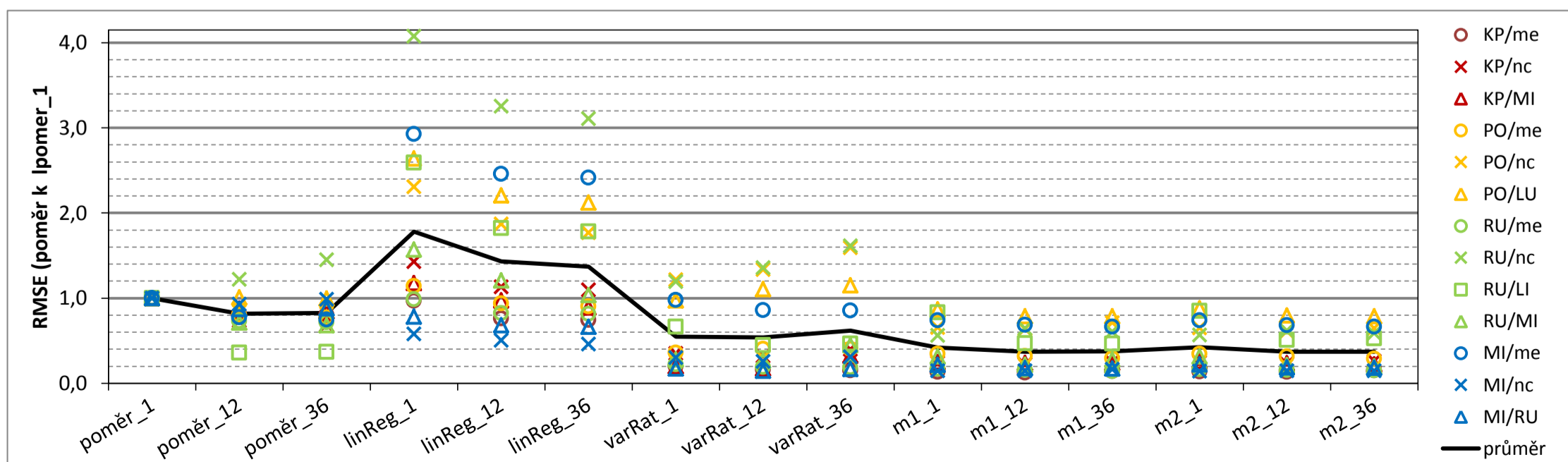
metoda	DD	KP/me	KP/nc	KP/MI	PO/me	PO/nc	PO/LU	RU/me	RU/nc	RU/LI	RU/MI	MI/me	MI/nc	MI/RU	průměr
poměr	1	59,6%	42,8%	58,8%	41,8%	22,4%	22,7%	29,1%	8,5%	9,5%	28,2%	7,3%	40,7%	39,9%	31,6%
poměr	12	48,4%	31,4%	51,4%	33,4%	18,8%	22,9%	21,2%	10,4%	3,4%	20,0%	5,6%	37,8%	34,6%	26,1%
poměr	36	47,8%	29,4%	49,6%	32,1%	18,3%	22,5%	20,8%	12,4%	3,5%	19,1%	5,4%	40,0%	35,0%	25,8%
linReg	1	57,7%	61,2%	69,0%	47,6%	51,6%	60,0%	28,7%	34,8%	24,6%	44,1%	21,2%	23,5%	31,1%	42,7%
linReg	12	45,2%	48,5%	57,2%	39,1%	41,9%	50,1%	23,8%	27,8%	17,3%	33,9%	17,8%	20,5%	27,1%	34,6%
linReg	36	44,3%	46,9%	52,0%	37,7%	39,6%	48,2%	23,7%	26,5%	16,9%	29,1%	17,5%	18,7%	26,3%	32,9%
varRat	1	11,9%	14,9%	11,6%	14,9%	27,3%	22,0%	6,4%	10,2%	6,3%	7,8%	7,1%	12,1%	6,8%	12,3%
varRat	12	9,4%	13,6%	10,1%	16,8%	29,9%	25,1%	5,5%	11,6%	4,2%	7,4%	6,2%	10,4%	5,7%	12,0%
varRat	36	9,0%	17,1%	18,9%	16,9%	35,7%	26,1%	5,4%	13,8%	4,4%	12,5%	6,2%	12,6%	6,6%	14,2%
m1	1	8,0%	10,1%	14,6%	14,4%	14,6%	19,6%	4,8%	4,8%	7,9%	8,8%	5,3%	5,8%	8,6%	9,8%
m1	12	7,3%	9,4%	14,1%	13,3%	14,2%	17,9%	4,4%	5,5%	4,5%	6,1%	5,0%	5,9%	7,1%	8,8%
m1	36	8,4%	10,6%	13,9%	12,2%	15,9%	17,9%	4,1%	5,2%	4,4%	7,8%	4,8%	6,5%	6,8%	9,1%
m2	1	8,1%	10,3%	14,9%	14,4%	14,5%	19,9%	4,7%	4,8%	8,0%	8,8%	5,4%	5,7%	8,8%	9,9%
m2	12	7,7%	9,8%	13,7%	13,2%	13,6%	18,1%	4,4%	5,3%	4,8%	5,9%	4,9%	6,0%	7,3%	8,8%
m2	36	8,9%	11,1%	12,9%	11,9%	14,4%	17,9%	4,4%	5,0%	5,0%	5,5%	4,8%	5,9%	7,1%	8,8%
průměr		25,4%	24,5%	30,8%	24,0%	24,8%	27,4%	12,8%	12,4%	8,3%	16,3%	8,3%	16,8%	17,3%	19,2%
Nulová m.		25,5%	25,5%	25,5%	20,4%	20,4%	20,4%	20,8%	20,8%	20,8%	20,8%	17,0%	17,0%	17,0%	20,9%



Graf 1: Poměr k průměru z porovnávaných metod (kromě Nulové metody)



Graf 2: Poměr k výsledku pro Nulovou metodu



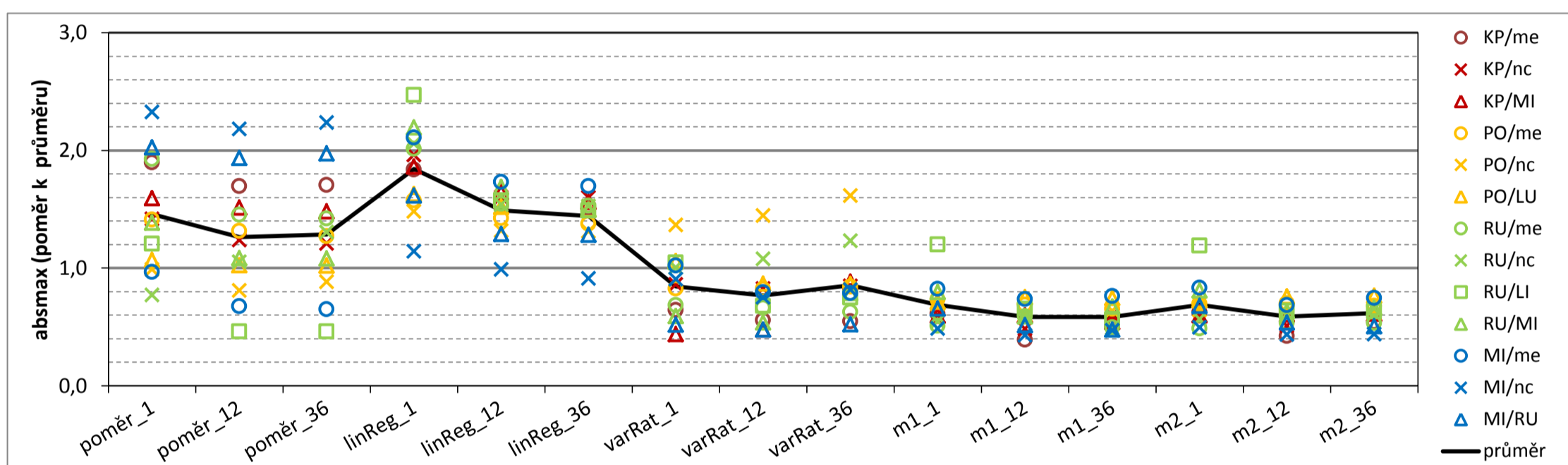
Graf 3: Poměr k výsledku pro metodu poměr_1 (bez linReg)

Příloha 2: Porovnání výsledků pro různé metody

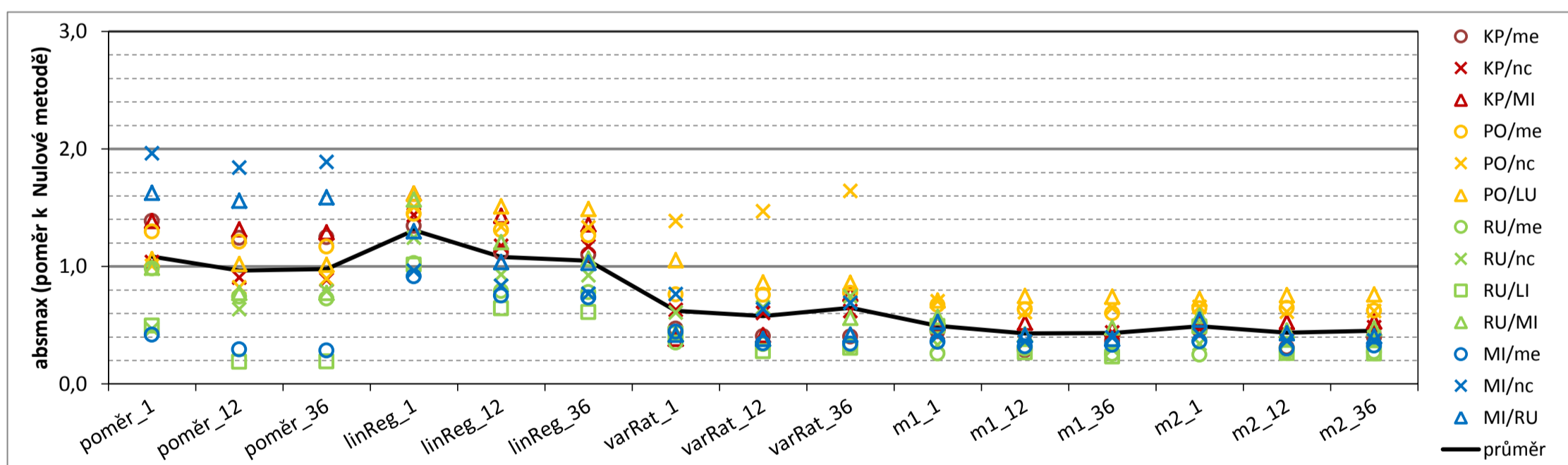
kritérium: **h2** - chyba simulace průměrné hustoty výkonu (% skutečné hustoty výkonu větru na cílové řadě)

ukazatel: **absmax** - nejvyšší absolutní hodnota chyby

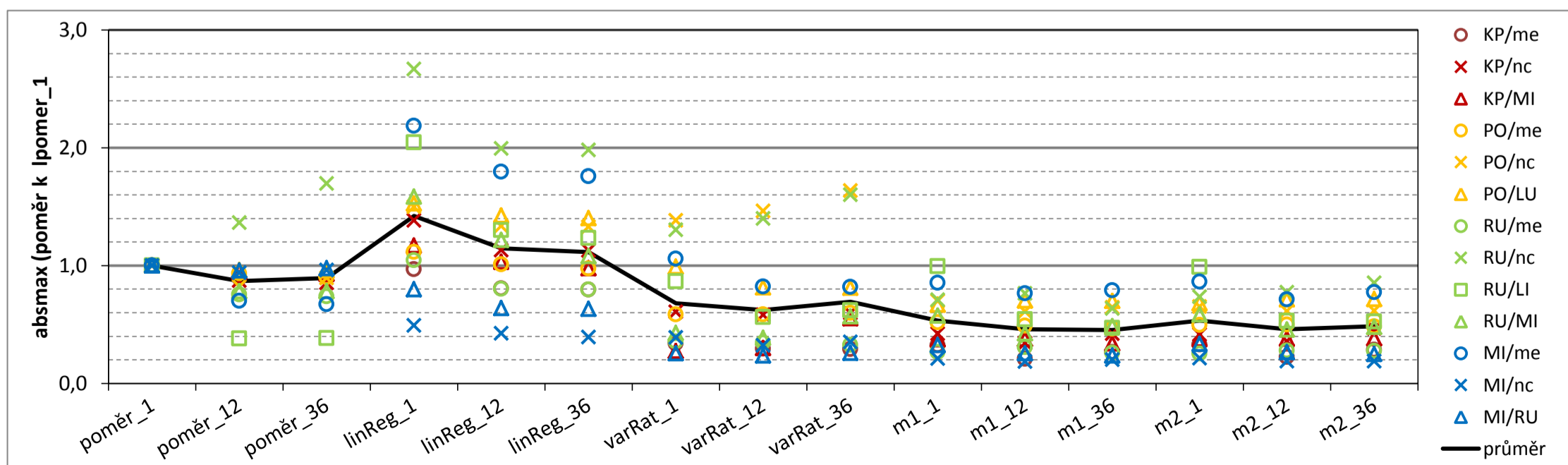
metoda	DD	KP/me	KP/nc	KP/MI	PO/me	PO/nc	PO/LU	RU/me	RU/nc	RU/LI	RU/MI	MI/me	MI/nc	MI/RU	průměr
poměr	1	76,8%	57,4%	76,8%	59,8%	46,2%	48,9%	39,3%	18,6%	19,8%	39,5%	15,5%	72,8%	60,3%	48,6%
poměr	12	68,7%	50,2%	72,8%	55,7%	37,9%	46,9%	29,6%	25,4%	7,5%	30,9%	10,9%	68,3%	57,7%	43,3%
poměr	36	69,0%	49,0%	71,4%	53,8%	41,3%	46,8%	29,0%	31,6%	7,6%	30,9%	10,4%	70,0%	58,9%	43,8%
linReg	1	74,3%	79,5%	89,7%	66,7%	69,3%	74,6%	41,0%	49,7%	40,5%	62,6%	34,0%	35,7%	48,1%	58,9%
linReg	12	61,8%	64,9%	79,1%	60,4%	61,7%	69,6%	31,5%	37,2%	25,7%	48,2%	27,9%	30,9%	38,4%	49,0%
linReg	36	61,0%	64,8%	75,1%	58,3%	61,4%	68,6%	31,2%	36,9%	24,4%	42,6%	27,3%	28,5%	38,2%	47,5%
varRat	1	26,0%	34,8%	21,1%	35,0%	63,9%	48,5%	14,0%	24,3%	17,1%	16,9%	16,4%	28,3%	15,4%	27,8%
varRat	12	22,5%	33,4%	22,9%	34,9%	67,6%	39,7%	13,5%	26,0%	11,1%	15,3%	12,8%	23,5%	14,2%	26,0%
varRat	36	22,2%	34,4%	42,5%	35,6%	75,6%	39,6%	12,8%	29,8%	12,3%	22,5%	12,7%	25,5%	15,5%	29,3%
m1	1	24,7%	24,3%	28,7%	31,0%	32,4%	32,7%	10,4%	13,2%	19,6%	22,7%	13,3%	15,2%	19,6%	22,1%
m1	12	15,8%	19,6%	28,9%	29,1%	28,2%	34,4%	12,0%	14,2%	10,7%	16,8%	11,8%	13,4%	15,3%	19,3%
m1	36	20,3%	24,3%	26,0%	27,7%	29,8%	34,1%	10,1%	11,9%	9,3%	19,2%	12,3%	14,7%	14,2%	19,5%
m2	1	25,3%	23,9%	28,9%	29,6%	30,1%	33,3%	9,9%	13,7%	19,5%	23,1%	13,4%	15,5%	20,2%	22,0%
m2	12	17,1%	20,6%	29,1%	29,7%	28,3%	34,8%	10,9%	14,4%	10,5%	18,1%	11,0%	13,6%	16,0%	19,5%
m2	36	21,8%	26,7%	29,3%	28,7%	28,5%	35,0%	10,8%	15,9%	10,4%	18,9%	12,0%	13,7%	15,1%	20,5%
průměr		40,5%	40,5%	48,2%	42,4%	46,8%	45,8%	20,4%	24,2%	16,4%	28,5%	16,1%	31,3%	29,8%	33,1%
Nulová m.		55,4%	55,4%	55,4%	46,1%	46,1%	46,1%	40,0%	40,0%	40,0%	40,0%	37,1%	37,1%	37,1%	44,3%



Graf 1: Poměr k průměru z porovnávaných metod (kromě Nulové metody)



Graf 2: Poměr k výsledku pro Nulovou metodu



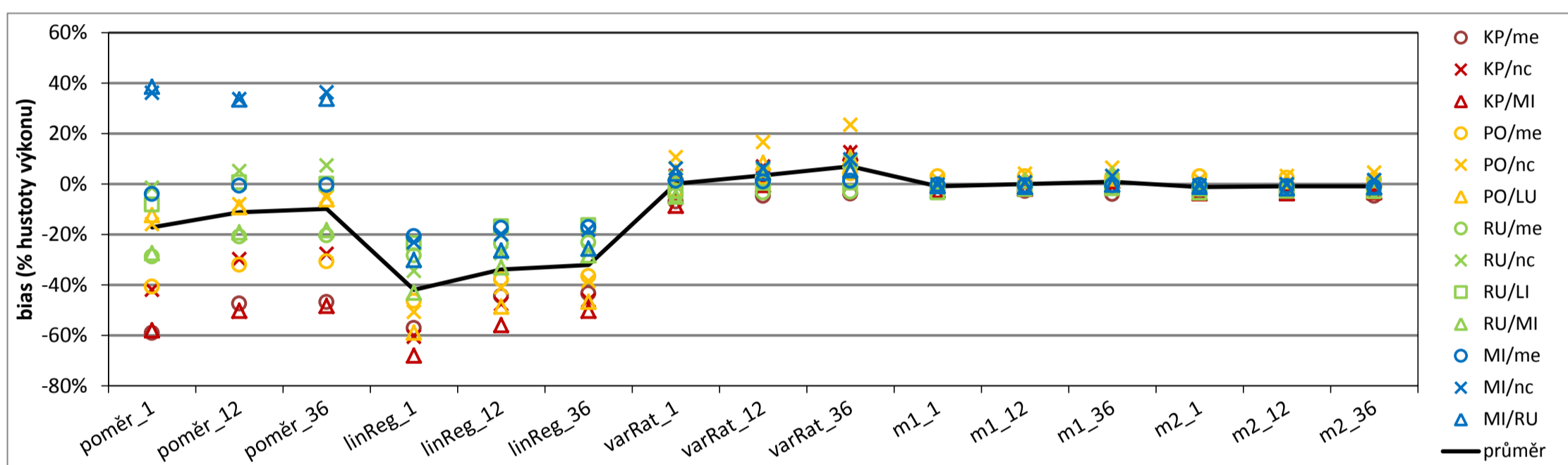
Graf 3: Poměr k výsledku pro metodu poměr_1

Příloha 2: Porovnání výsledků pro různé metody

kritérium: h2 - chyba simulace průměrné hustoty výkonu (% skutečné hustoty výkonu větru na cílové řadě)

ukazatel: bias - systematická chyba

metoda	DD	KP/me	KP/nc	KP/MI	PO/me	PO/nc	PO/LU	RU/me	RU/nc	RU/LI	RU/MI	MI/me	MI/nc	MI/RU	průměr
poměr	1	-59,1%	-42,0%	-58,1%	-40,8%	-16,0%	-12,4%	-28,8%	-1,4%	-8,2%	-27,5%	-4,1%	36,2%	38,5%	-17,2%
poměr	12	-47,5%	-29,9%	-50,2%	-32,1%	-8,1%	-9,3%	-20,9%	5,1%	0,6%	-19,3%	-0,8%	33,7%	33,4%	-11,2%
poměr	36	-46,9%	-27,7%	-48,4%	-30,8%	-5,2%	-6,1%	-20,4%	7,3%	0,1%	-18,4%	-0,5%	36,2%	33,7%	-9,8%
linReg	1	-57,2%	-60,6%	-68,1%	-46,4%	-50,7%	-59,0%	-28,3%	-34,5%	-23,6%	-43,1%	-20,7%	-23,1%	-30,2%	-42,0%
linReg	12	-44,4%	-47,7%	-56,0%	-37,9%	-41,0%	-48,7%	-23,5%	-27,5%	-16,9%	-33,2%	-17,5%	-20,1%	-26,4%	-33,9%
linReg	36	-43,5%	-46,1%	-50,3%	-36,5%	-38,5%	-46,8%	-23,4%	-26,2%	-16,5%	-28,4%	-17,2%	-18,2%	-25,7%	-32,1%
varRat	1	-7,0%	3,2%	-8,7%	-2,7%	10,7%	4,8%	-4,4%	2,7%	-2,9%	-5,1%	1,2%	6,1%	4,1%	0,2%
varRat	12	-4,7%	6,9%	-0,4%	2,5%	16,5%	8,3%	-3,4%	5,6%	0,4%	2,1%	0,8%	6,3%	4,3%	3,5%
varRat	36	-3,9%	12,5%	12,1%	4,2%	23,5%	10,4%	-3,1%	8,8%	0,4%	9,2%	1,2%	9,7%	5,3%	6,9%
m1	1	-2,8%	-2,9%	-2,6%	3,0%	1,8%	-0,7%	-0,5%	-1,8%	-3,4%	-0,7%	-0,3%	-0,3%	-1,0%	-0,9%
m1	12	-2,8%	-1,2%	-1,9%	2,9%	4,0%	1,3%	-0,8%	0,4%	-2,1%	1,1%	-0,6%	0,6%	-1,2%	0,0%
m1	36	-4,1%	-1,2%	1,0%	2,5%	6,5%	2,1%	-1,3%	1,4%	-1,8%	3,7%	-0,5%	3,1%	-0,4%	0,8%
m2	1	-3,0%	-3,4%	-3,7%	2,9%	1,7%	-0,4%	-0,6%	-2,0%	-3,6%	-1,8%	-0,4%	-0,6%	-1,1%	-1,2%
m2	12	-3,2%	-2,1%	-3,7%	2,4%	3,2%	1,1%	-1,3%	-0,7%	-2,9%	-1,4%	-0,9%	-0,1%	-1,8%	-0,9%
m2	36	-4,8%	-2,9%	-3,3%	1,6%	4,5%	1,5%	-2,1%	-0,5%	-3,0%	-1,3%	-1,2%	1,5%	-1,3%	-0,9%
průměr		-22,3%	-16,3%	-22,8%	-13,7%	-5,8%	-10,3%	-10,9%	-4,2%	-5,6%	-10,9%	-4,1%	4,7%	2,0%	-9,2%
Nulová m.		-5,1%	-5,1%	-5,1%	-1,4%	-1,4%	-1,4%	-4,3%	-4,3%	-4,3%	-4,3%	-2,5%	-2,5%	-2,5%	-3,4%



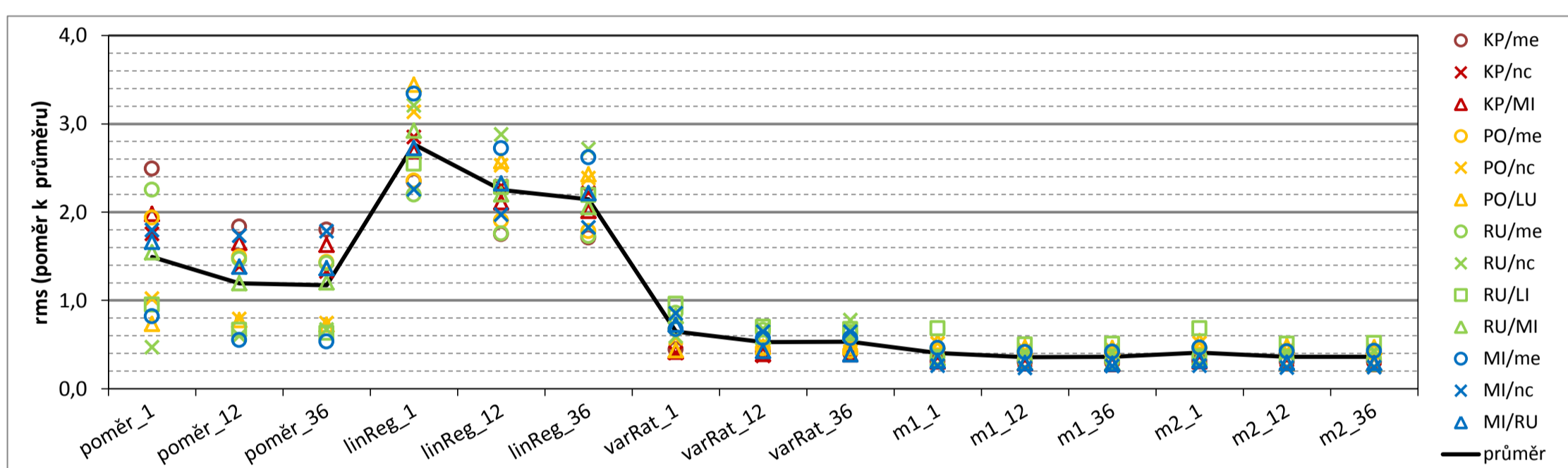
Graf 1: shodné s tabulkou

Příloha 2: Porovnání výsledků pro různé metody

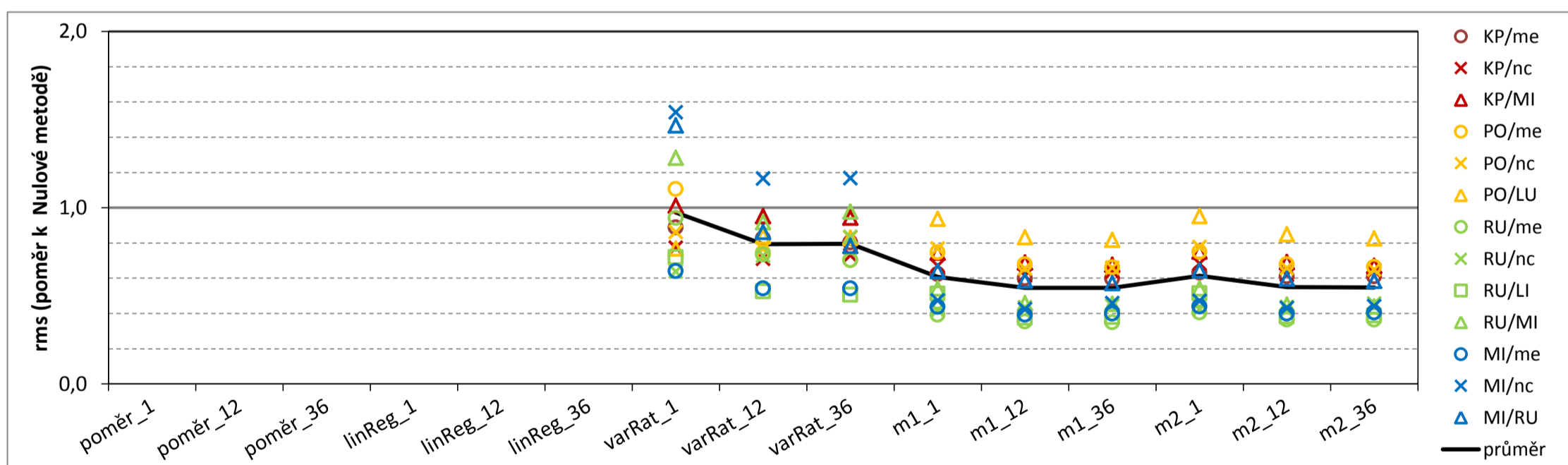
kritérium: **h3** - chyba simulace tvaru četnostního rozdělení rychlosti větru (% skutečné rychlosti větru na cílové řadě)

ukazatel: **RMS** - střední kvadratická hodnota

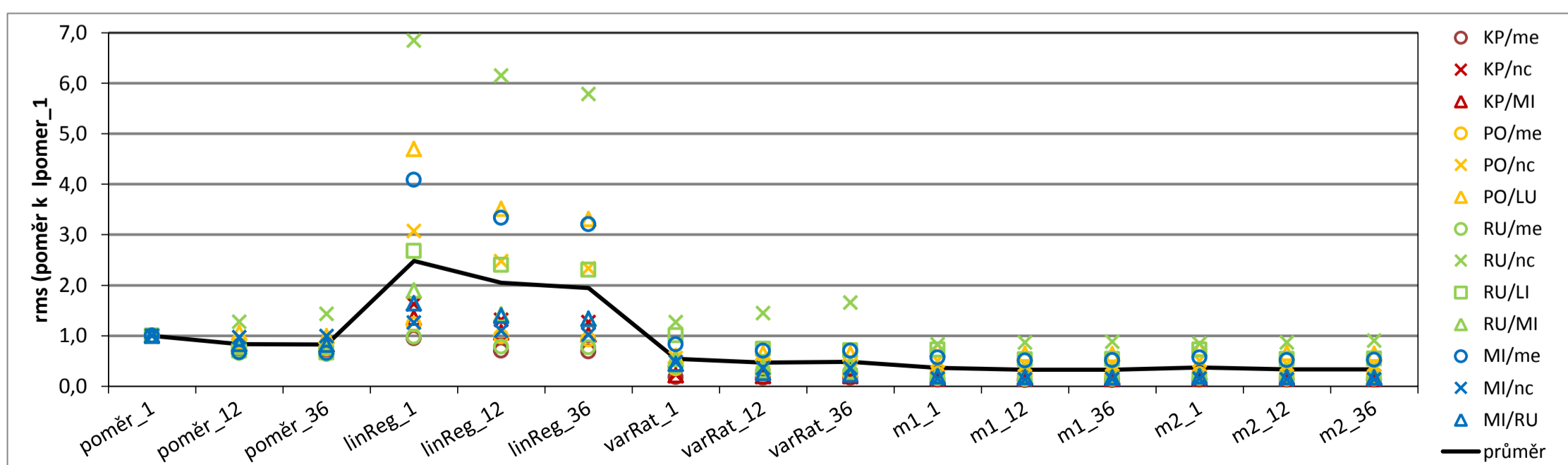
metoda	DD	KP/me	KP/nc	KP/MI	PO/me	PO/nc	PO/LU	RU/me	RU/nc	RU/LI	RU/MI	MI/me	MI/nc	MI/RU	průměr
poměr	1	33,58%	22,42%	32,24%	19,76%	9,58%	8,08%	10,90%	2,22%	3,14%	10,61%	2,47%	10,36%	10,72%	13,54%
poměr	12	24,77%	17,68%	26,91%	15,24%	7,42%	8,55%	7,11%	2,82%	2,20%	8,19%	1,66%	9,99%	8,90%	10,88%
poměr	36	24,25%	16,95%	26,51%	14,63%	6,98%	8,00%	6,88%	3,17%	2,08%	8,25%	1,61%	10,28%	8,80%	10,65%
linReg	1	31,66%	36,45%	43,76%	24,06%	29,40%	37,96%	10,64%	15,19%	8,40%	20,05%	10,08%	13,01%	17,56%	22,94%
linReg	12	23,57%	29,36%	34,38%	19,40%	23,72%	28,40%	8,51%	13,64%	7,52%	15,10%	8,23%	11,36%	14,97%	18,32%
linReg	36	23,06%	28,42%	32,79%	18,18%	22,38%	26,76%	8,36%	12,84%	7,23%	14,10%	7,91%	10,53%	14,27%	17,45%
varRat	1	5,96%	5,19%	6,79%	6,89%	5,38%	4,78%	4,15%	2,81%	3,16%	5,65%	2,04%	4,91%	4,68%	4,80%
varRat	12	5,54%	4,77%	6,39%	4,64%	4,77%	5,23%	3,23%	3,21%	2,31%	4,04%	1,73%	3,71%	2,75%	4,02%
varRat	36	5,39%	4,90%	6,33%	4,37%	5,17%	5,18%	3,09%	3,67%	2,23%	4,30%	1,73%	3,72%	2,49%	4,04%
m1	1	4,17%	4,50%	5,00%	4,65%	4,79%	5,84%	1,73%	1,84%	2,25%	2,38%	1,39%	1,51%	2,04%	3,24%
m1	12	4,02%	4,11%	4,63%	4,23%	4,09%	5,18%	1,56%	1,91%	1,65%	2,02%	1,25%	1,35%	1,87%	2,91%
m1	36	4,00%	4,28%	4,53%	4,12%	4,10%	5,09%	1,53%	1,95%	1,67%	2,00%	1,27%	1,46%	1,82%	2,91%
m2	1	4,23%	4,57%	5,03%	4,67%	4,84%	5,93%	1,78%	1,87%	2,26%	2,39%	1,40%	1,50%	2,05%	3,27%
m2	12	4,09%	4,14%	4,63%	4,23%	4,10%	5,29%	1,61%	1,92%	1,68%	1,98%	1,27%	1,37%	1,90%	2,94%
m2	36	4,08%	4,30%	4,49%	4,13%	4,04%	5,15%	1,60%	2,00%	1,71%	1,93%	1,29%	1,41%	1,86%	2,92%
průměr		13,49%	12,80%	16,29%	10,21%	9,38%	11,03%	4,85%	4,74%	3,30%	6,87%	3,02%	5,76%	6,45%	8,32%
Nulová m.		6,71%	6,71%	6,71%	6,24%	6,24%	6,24%	4,41%	4,41%	4,41%	4,41%	3,19%	3,19%	3,19%	5,08%



Graf 1: Poměr k průměru z porovnávaných metod (kromě Nulové metody)



Graf 2: Poměr k výsledku pro Nulovou metodu (metody poměr a linReg nejsou zobrazeny)



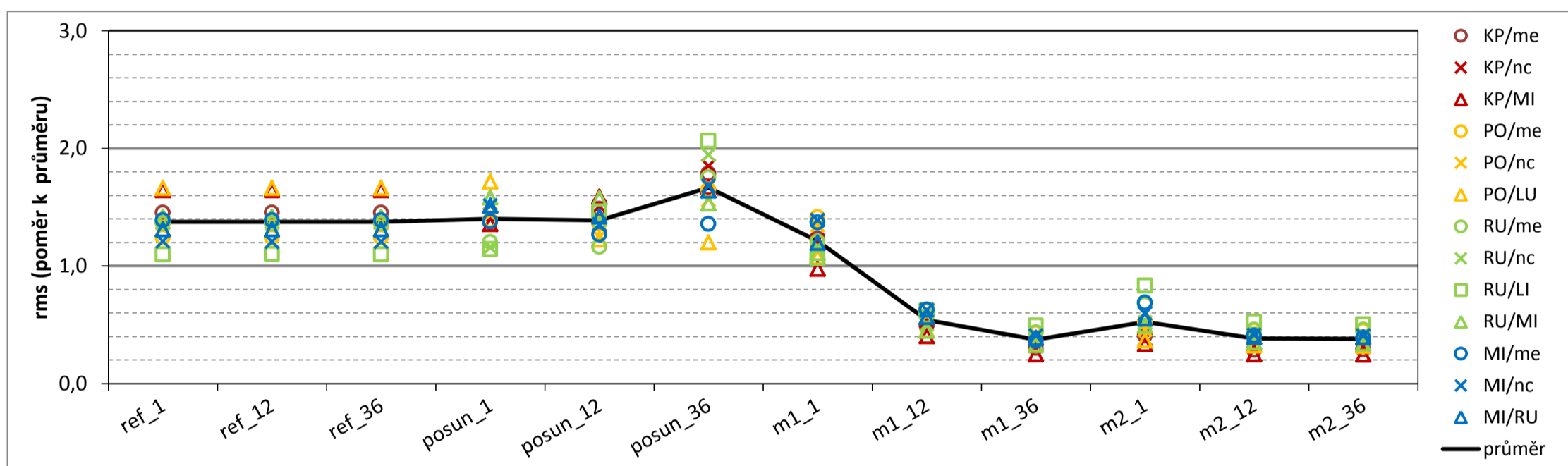
Graf 3: Poměr k výsledku pro metodu poměr_1

Příloha 2: Porovnání výsledků pro různé metody

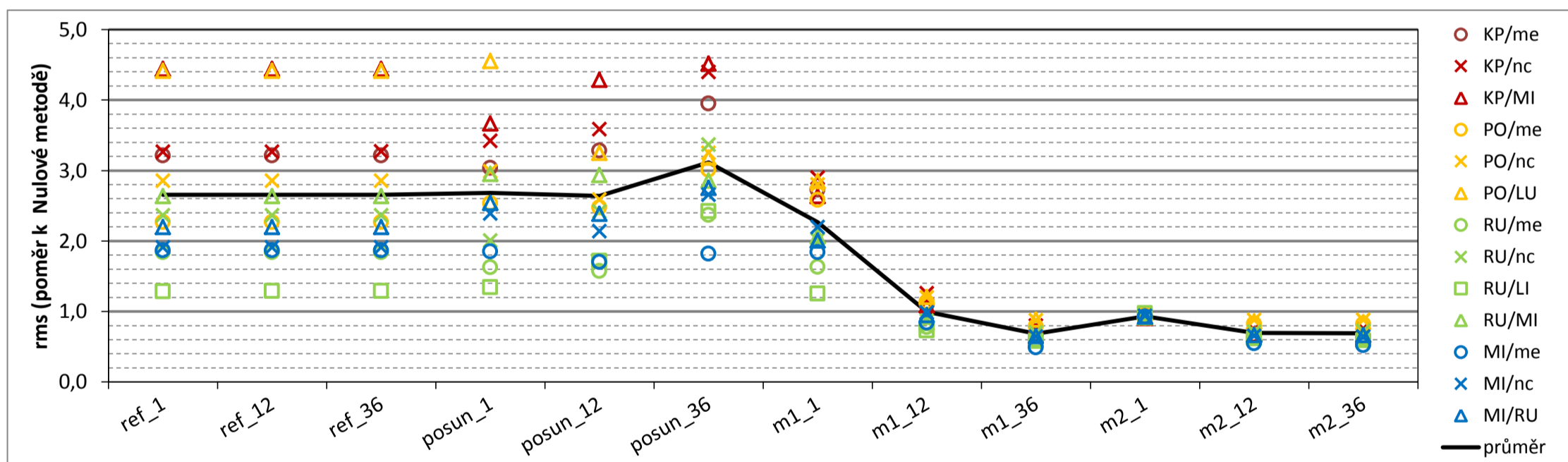
kritérium: **h4** - chyba simulace větrné růžice, součet rozdílů sektorových četností (%)

ukazatel: **RMS** - střední kvadratická hodnota

metoda	DD	KP/me	KP/nc	KP/MI	PO/me	PO/nc	PO/LU	RU/me	RU/nc	RU/LI	RU/MI	MI/me	MI/nc	MI/RU	průměr
ref	1	40,9%	41,3%	56,8%	38,2%	48,0%	74,1%	28,2%	36,5%	19,8%	40,6%	33,8%	34,3%	40,6%	41,0%
ref	12	40,9%	41,3%	56,9%	38,1%	48,0%	74,2%	28,2%	36,5%	19,9%	40,7%	33,8%	34,3%	40,6%	41,0%
ref	36	40,9%	41,3%	56,8%	38,1%	48,0%	74,1%	28,2%	36,5%	19,9%	40,6%	33,8%	34,2%	40,6%	41,0%
posun	1	38,6%	43,2%	46,9%	42,6%	50,3%	76,5%	24,9%	31,0%	20,7%	45,5%	33,6%	42,9%	46,9%	41,8%
posun	12	41,8%	45,4%	54,8%	41,6%	43,5%	54,6%	24,1%	37,3%	26,5%	45,2%	30,9%	38,4%	44,0%	40,6%
posun	36	50,3%	55,6%	57,8%	50,6%	54,6%	53,4%	36,4%	52,0%	37,3%	44,0%	33,0%	47,7%	50,8%	48,0%
m1	1	34,8%	36,6%	33,7%	43,4%	47,1%	47,9%	25,0%	31,2%	19,3%	31,9%	33,4%	39,4%	37,0%	35,4%
m1	12	13,9%	15,9%	13,9%	19,1%	20,2%	20,2%	11,9%	13,4%	11,2%	12,8%	15,3%	17,7%	17,5%	15,6%
m1	36	8,5%	10,1%	8,7%	13,2%	14,7%	14,9%	9,0%	10,9%	8,9%	9,3%	8,8%	11,5%	12,0%	10,8%
m2	1	11,4%	11,4%	11,6%	16,1%	16,0%	16,4%	13,9%	13,9%	15,0%	14,1%	16,8%	16,8%	17,1%	14,7%
m2	12	8,1%	9,4%	8,7%	13,9%	14,8%	14,4%	9,5%	11,0%	9,5%	10,1%	9,9%	11,7%	12,3%	11,0%
m2	36	8,1%	9,6%	8,5%	13,7%	14,8%	14,2%	9,5%	11,2%	9,1%	9,7%	9,4%	11,5%	12,2%	10,9%
průměr		28,2%	30,1%	34,6%	30,7%	35,0%	44,6%	20,7%	26,8%	18,1%	28,7%	24,4%	28,4%	31,0%	29,3%
<i>Nulová m.</i>		12,7%	12,6%	12,8%	16,8%	16,8%	16,8%	15,3%	15,5%	15,4%	15,4%	18,2%	18,0%	18,5%	15,8%



Graf 1: Poměr k průměru z porovnávaných metod (kromě Nulové metody)



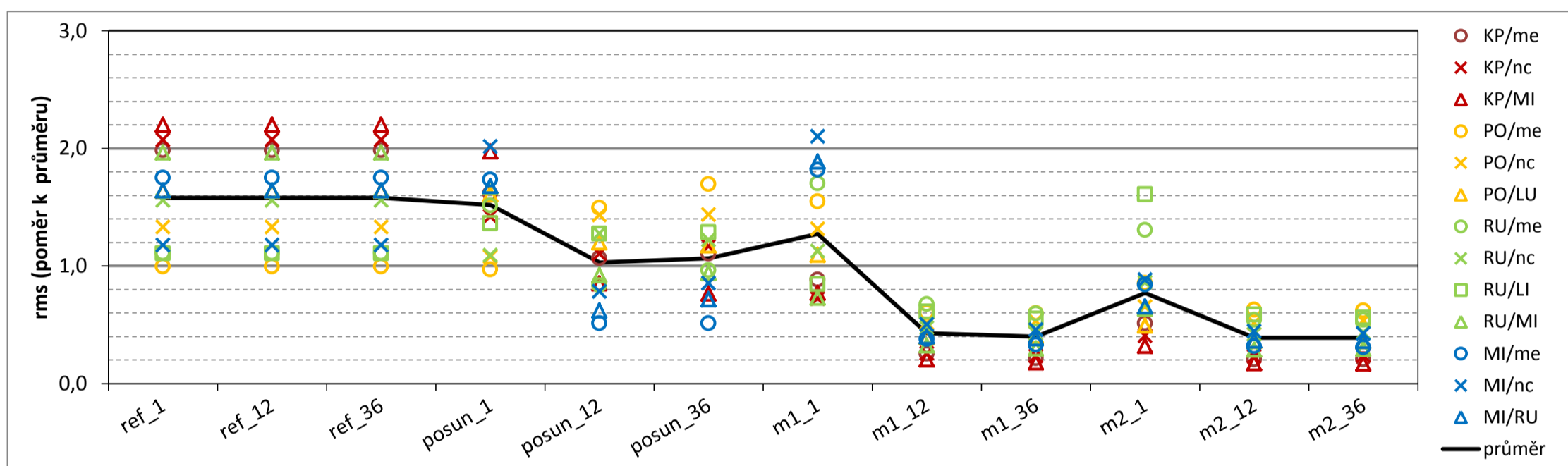
Graf 2: Poměr k výsledku pro Nulovou metodu

Příloha 2: Porovnání výsledků pro různé metody

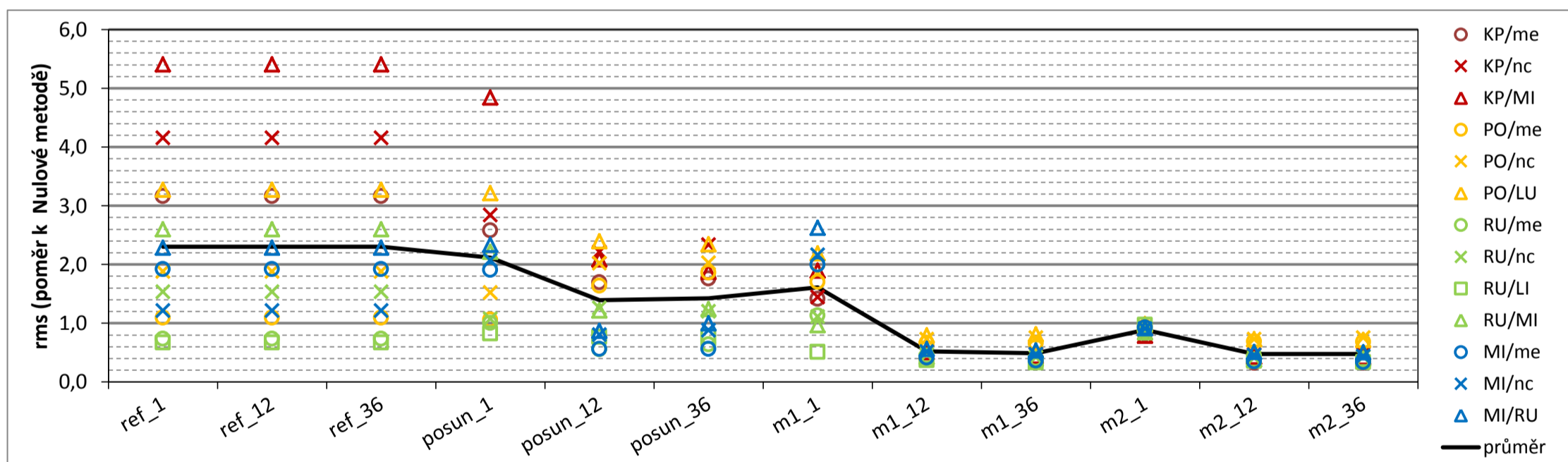
kritérium: h5 - chyba simulace větrné růžice, KSI pro směr větru (°)

ukazatel: RMS - střední kvadratická hodnota

metoda	DD	KP/me	KP/nc	KP/MI	PO/me	PO/nc	PO/LU	RU/me	RU/nc	RU/LI	RU/MI	MI/me	MI/nc	MI/RU	průměr
ref	1	23,63	30,73	41,57	8,57	14,69	25,57	6,09	12,63	5,52	21,10	18,77	11,70	22,61	18,70
ref	12	23,63	30,73	41,57	8,57	14,69	25,57	6,09	12,63	5,52	21,10	18,77	11,70	22,61	18,70
ref	36	23,63	30,73	41,57	8,57	14,69	25,57	6,09	12,63	5,52	21,10	18,77	11,70	22,61	18,70
posun	1	19,27	21,04	37,26	8,34	11,90	25,14	8,29	8,86	6,78	17,97	18,58	20,02	23,14	17,43
posun	12	12,68	16,36	16,05	12,85	15,81	18,71	4,58	10,35	6,34	9,89	5,49	7,79	8,56	11,19
posun	36	13,14	17,28	14,44	14,58	15,86	18,32	5,29	9,92	6,40	10,08	5,47	8,49	9,86	11,47
m1	1	10,54	10,70	14,55	13,32	14,51	17,10	9,33	9,14	4,20	7,84	19,46	20,90	25,99	13,66
m1	12	3,02	3,79	3,88	5,19	5,68	6,17	3,70	3,84	3,03	3,47	4,06	4,99	5,52	4,33
m1	36	2,55	3,48	3,36	5,15	5,86	6,32	3,27	3,45	2,74	3,19	3,54	4,55	5,28	4,06
m2	1	6,11	6,02	6,04	7,34	7,20	7,70	7,15	6,98	8,01	6,85	9,02	8,77	9,03	7,40
m2	12	2,43	3,43	3,29	5,39	5,69	5,67	2,96	3,40	2,91	3,09	3,39	4,40	5,03	3,93
m2	36	2,44	3,53	3,21	5,35	5,88	5,60	2,97	3,52	2,78	3,17	3,30	4,24	4,98	3,92
průměr		11,92	14,82	18,90	8,60	11,04	15,62	5,48	8,11	4,98	10,74	10,72	9,94	13,77	11,13
Nulová m.		7,48	7,40	7,70	7,84	7,82	7,82	8,27	8,24	8,26	8,13	9,77	9,66	9,91	8,33



Graf 1: Poměr k průměru z porovnávaných metod (kromě Nulové metody)



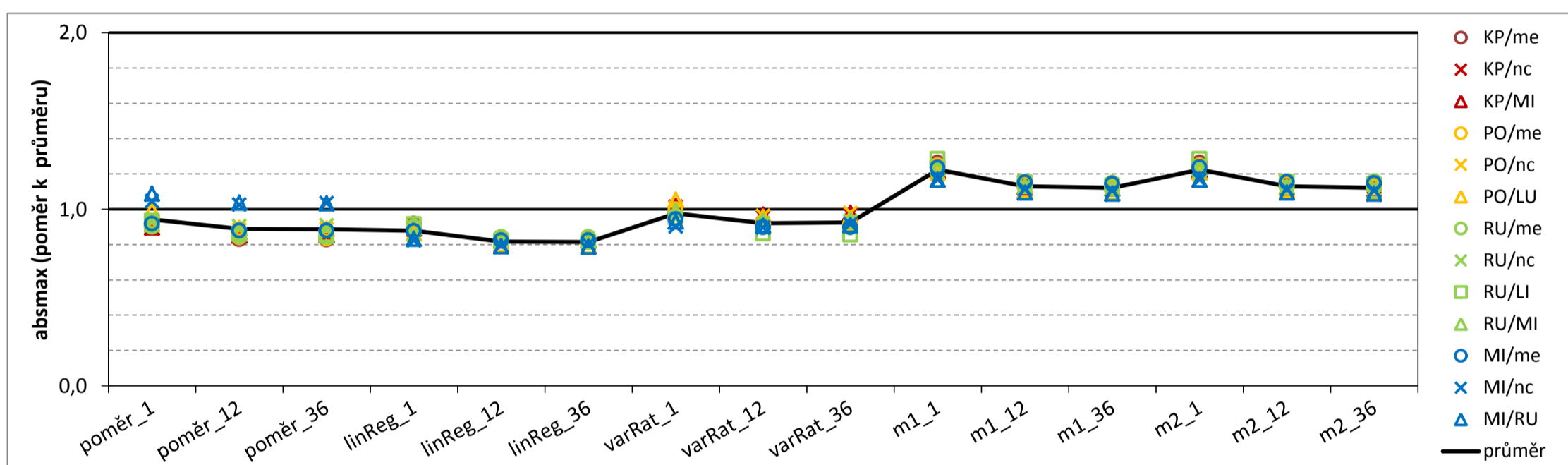
Graf 2: Poměr k výsledku pro Nulovou metodu

Příloha 2: Porovnání výsledků pro různé metody

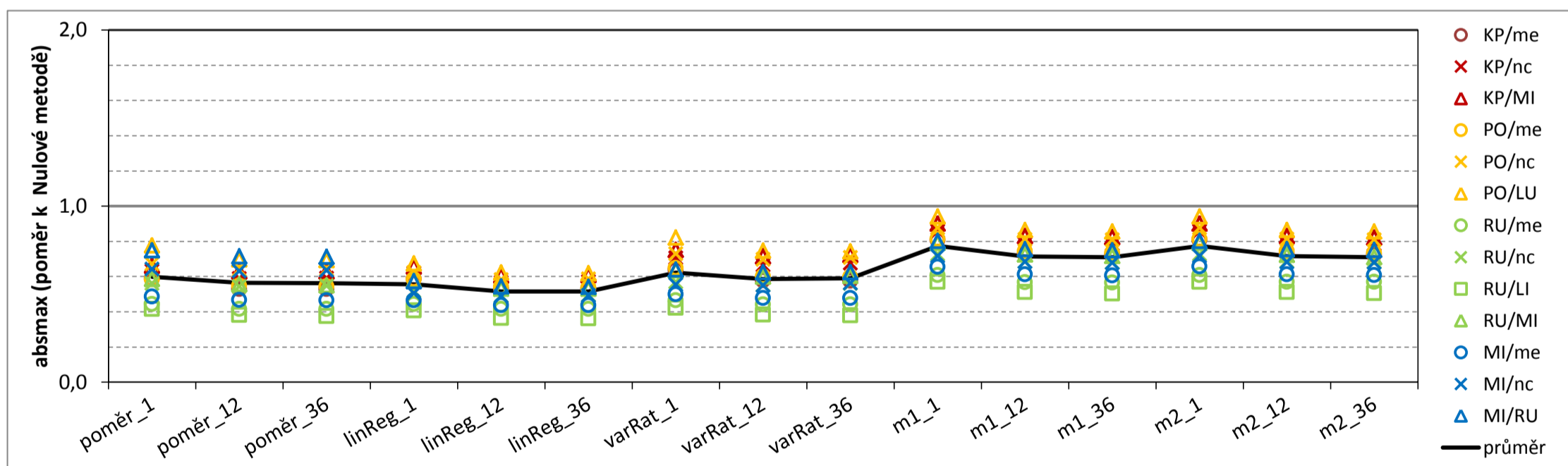
kritérium: h6 - střední kvadratická chyba simulace termínových rychlostí větru (% skutečné rychlosti větru na cílové řadě)

ukazatel: RMS - střední kvadratická hodnota

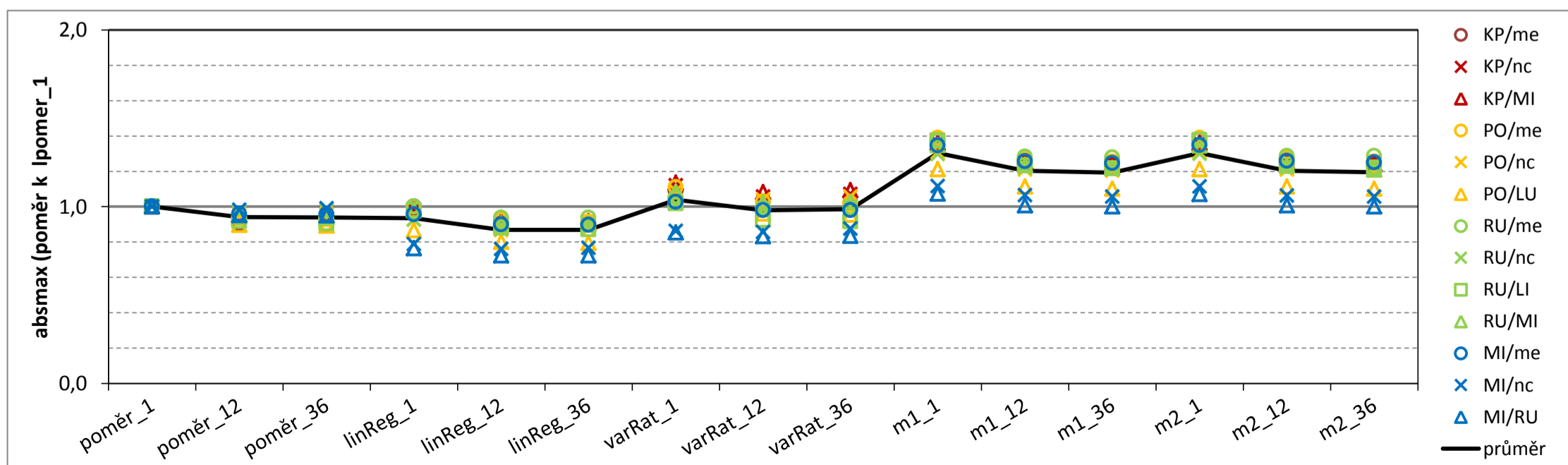
metoda	DD	KP/me	KP/nc	KP/MI	PO/me	PO/nc	PO/LU	RU/me	RU/nc	RU/LI	RU/MI	MI/me	MI/nc	MI/RU	průměr
poměr	1	72,6%	78,2%	82,1%	59,4%	68,1%	78,9%	38,9%	49,2%	36,4%	51,6%	33,8%	44,6%	52,0%	57,4%
poměr	12	65,7%	72,9%	78,0%	55,5%	64,9%	70,7%	36,4%	47,7%	33,4%	48,9%	32,4%	43,8%	49,5%	53,8%
poměr	36	65,5%	73,2%	78,0%	55,1%	65,2%	70,4%	36,4%	48,1%	33,0%	48,4%	32,3%	44,1%	49,4%	53,8%
linReg	1	72,7%	76,6%	81,5%	59,3%	63,1%	68,3%	38,9%	45,6%	35,6%	50,5%	32,3%	35,1%	39,8%	53,8%
linReg	12	65,6%	70,3%	75,1%	54,9%	59,1%	63,2%	36,4%	43,1%	32,0%	46,6%	30,4%	33,9%	37,7%	49,9%
linReg	36	65,5%	70,9%	75,3%	54,2%	59,5%	62,7%	36,4%	43,4%	31,7%	46,5%	30,3%	34,2%	37,6%	49,9%
varRat	1	79,1%	87,6%	93,2%	65,9%	74,1%	83,5%	40,9%	50,0%	37,1%	55,9%	34,7%	38,4%	44,4%	60,4%
varRat	12	71,7%	82,6%	88,7%	61,1%	70,7%	75,7%	38,6%	48,6%	33,6%	52,7%	33,1%	38,2%	43,3%	56,8%
varRat	36	71,5%	83,8%	89,7%	60,6%	71,9%	75,3%	38,7%	49,3%	33,3%	53,0%	33,1%	39,0%	43,4%	57,1%
m1	1	100,0%	106,4%	111,7%	82,4%	89,0%	95,5%	53,3%	63,8%	50,0%	69,5%	45,5%	49,7%	55,8%	74,8%
m1	12	90,0%	97,4%	103,0%	75,5%	82,3%	87,8%	49,8%	60,1%	44,9%	63,7%	42,4%	47,5%	52,4%	69,0%
m1	36	89,4%	97,3%	102,2%	74,4%	82,0%	86,8%	49,7%	59,8%	44,2%	62,8%	42,1%	47,1%	52,0%	68,5%
m2	1	100,0%	106,5%	111,6%	82,4%	89,1%	95,6%	53,4%	63,9%	50,0%	69,4%	45,5%	49,7%	55,7%	74,9%
m2	12	90,1%	97,6%	103,0%	75,6%	82,4%	87,8%	50,0%	60,3%	45,0%	63,5%	42,5%	47,5%	52,3%	69,0%
m2	36	89,6%	97,5%	101,8%	74,5%	82,0%	86,8%	50,0%	60,1%	44,4%	62,4%	42,2%	47,2%	52,1%	68,5%
průměr		79,3%	86,6%	91,7%	66,1%	73,6%	79,3%	43,2%	52,9%	39,0%	56,4%	36,8%	42,7%	47,8%	61,2%
Nulová m.		124,1%	124,1%	124,1%	101,5%	101,5%	101,5%	87,9%	87,9%	87,9%	87,9%	69,5%	69,5%	69,5%	95,1%



Graf 1: Poměr k průměru z porovnávaných metod (kromě Nulové metody)



Graf 2: Poměr k výsledku pro Nulovou metodu



Graf 3: Poměr k výsledku pro metodu poměr_1

Příloha 3: Porovnání výsledků pro různé varianty výpočetního postupu

vysvětlivky

sloupce

	cílová řada	referenční řada
KP/me	Kopisty	MERRA, modelový vítr ve výšce 10 m nad zemí
KP/nc	Kopisty	NCEP/NCAR, geostrofický vítr na hladině 925 hPa
KP/MI	Kopisty	Milešovka
PO/me	Ostrava-Poruba	MERRA, modelový vítr ve výšce 10 m nad zemí
PO/nc	Ostrava-Poruba	NCEP/NCAR, geostrofický vítr na hladině 925 hPa
PO/LU	Ostrava-Poruba	Luká
RU/me	Praha-Ruzyně	MERRA, modelový vítr ve výšce 10 m nad zemí
RU/nc	Praha-Ruzyně	NCEP/NCAR, geostrofický vítr na hladině 925 hPa
RU/LI	Praha-Ruzyně	Praha-Libuš
RU/MI	Praha-Ruzyně	Milešovka
MI/me	Milešovka	MERRA, modelový vítr ve výšce 10 m nad zemí
MI/nc	Milešovka	NCEP/NCAR, geostrofický vítr na hladině 925 hPa
MI/RU	Milešovka	Praha-Ruzyně

m. typ metody

DD počet uvažovaných sektorů směrů větru

Opr zda je prováděna oprava simulovaných rychlostí větru (a - ano, n - ne)

Řaz zda je prováděno "seřazené" přiřazování termínů (a - ano, n - ne)

řádky

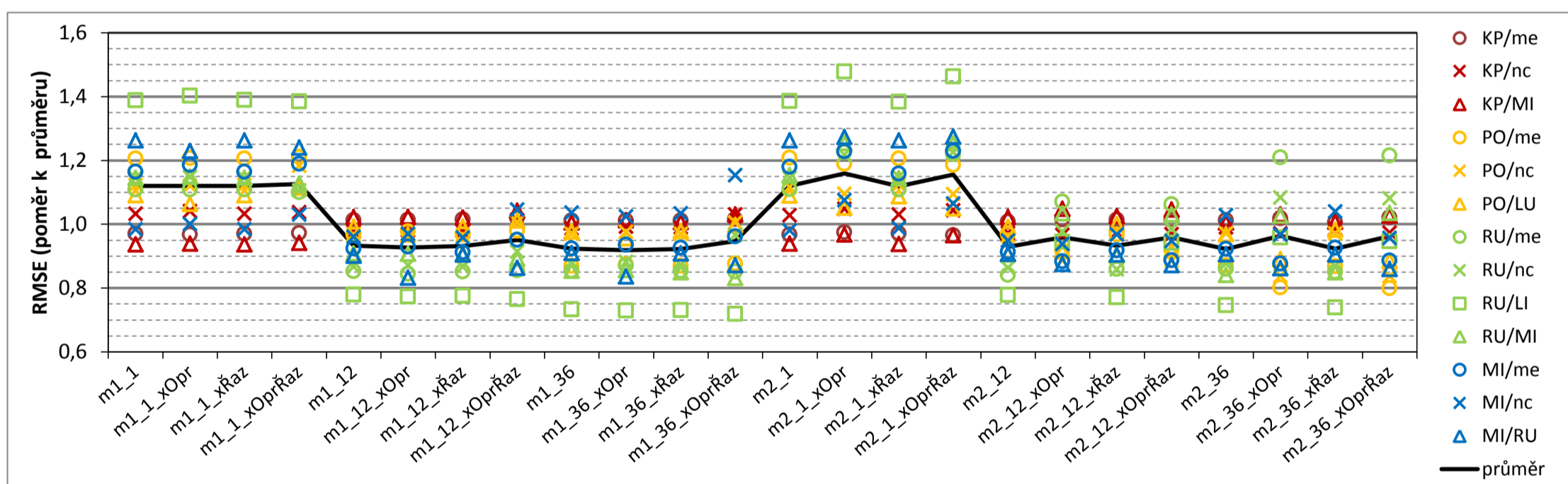
m.	DD	Opr	Řaz	zkráceně	název metody
m1	1	a	a	m1_1	Metoda 1
m1	1	n	a	m1_1_xOpr	Metoda 1 (bez opravy)
m1	1	a	n	m1_1_xŘaz	Metoda 1 (bez seřazení)
m1	1	n	n	m1_1_xOprŘaz	Metoda 1 (bez opravy, bez seřazení)
m1	12	a	a	m1_12	Metoda 1
m1	12	n	a	m1_12_xOpr	Metoda 1 (bez opravy)
m1	12	a	n	m1_12_xŘaz	Metoda 1 (bez seřazení)
m1	12	n	n	m1_12_xOprŘaz	Metoda 1 (bez opravy, bez seřazení)
m1	36	a	a	m1_36	Metoda 1
m1	36	n	a	m1_36_xOpr	Metoda 1 (bez opravy)
m1	36	a	n	m1_36_xŘaz	Metoda 1 (bez seřazení)
m1	36	n	n	m1_36_xOprŘaz	Metoda 1 (bez opravy, bez seřazení)
m2	1	a	a	m2_1	Metoda 2
m2	1	n	a	m2_1_xOpr	Metoda 2 (bez opravy)
m2	1	a	n	m2_1_xŘaz	Metoda 2 (bez seřazení)
m2	1	n	n	m2_1_xOprŘaz	Metoda 2 (bez opravy, bez seřazení)
m2	12	a	a	m2_12	Metoda 2
m2	12	n	a	m2_12_xOpr	Metoda 2 (bez opravy)
m2	12	a	n	m2_12_xŘaz	Metoda 2 (bez seřazení)
m2	12	n	n	m2_12_xOprŘaz	Metoda 2 (bez opravy, bez seřazení)
m2	36	a	a	m2_36	Metoda 2
m2	36	n	a	m2_36_xOpr	Metoda 2 (bez opravy)
m2	36	a	n	m2_36_xŘaz	Metoda 2 (bez seřazení)
m2	36	n	n	m2_36_xOprŘaz	Metoda 2 (bez opravy, bez seřazení)
<i>Nulová metoda</i>					Nulová metoda

Příloha 3 Porovnání výsledků pro různé varianty výpočetního postupu

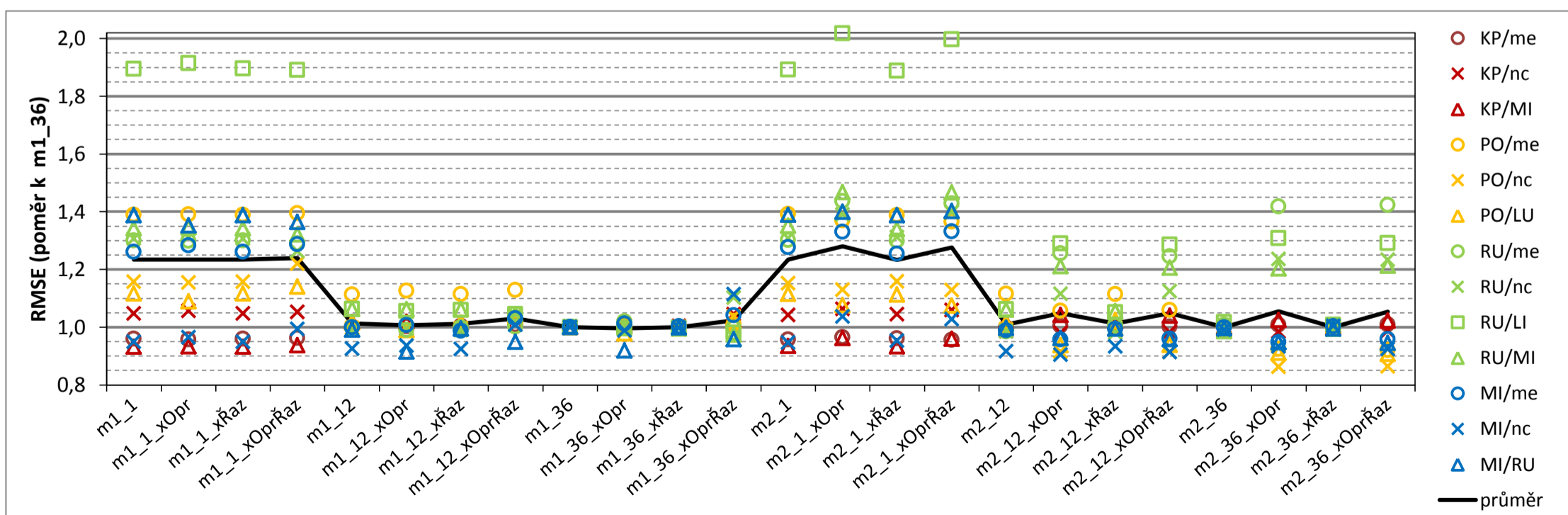
kritérium: h1 - chyba simulace průměrné rychlosti větru (% skutečné rychlosti větru na cílové řadě)

ukazatel: RMSE - střední kvadratická chyba

m.	DD	Opr	Řaz	KP/me	KP/nc	KP/MI	PO/me	PO/nc	PO/LU	RU/me	RU/nc	RU/LI	RU/MI	MI/me	MI/nc	MI/RU	průměr
m1	1	a	a	5,18%	5,65%	5,43%	4,83%	5,15%	5,82%	1,56%	2,07%	2,27%	2,91%	1,80%	1,62%	2,74%	3,62%
m1	1	n	a	5,16%	5,70%	5,44%	4,83%	5,14%	5,68%	1,55%	2,08%	2,29%	2,92%	1,83%	1,65%	2,67%	3,61%
m1	1	a	n	5,18%	5,65%	5,43%	4,83%	5,15%	5,82%	1,56%	2,07%	2,27%	2,91%	1,80%	1,62%	2,74%	3,62%
m1	1	n	n	5,19%	5,68%	5,46%	4,85%	5,43%	5,95%	1,54%	2,00%	2,26%	2,87%	1,83%	1,70%	2,69%	3,65%
m1	12	a	a	5,40%	5,34%	5,93%	3,87%	4,44%	5,30%	1,20%	1,57%	1,27%	2,31%	1,42%	1,58%	1,96%	3,20%
m1	12	n	a	5,41%	5,37%	5,94%	3,91%	4,44%	5,16%	1,18%	1,58%	1,26%	2,31%	1,43%	1,60%	1,81%	3,19%
m1	12	a	n	5,42%	5,35%	5,92%	3,87%	4,43%	5,30%	1,19%	1,57%	1,27%	2,31%	1,41%	1,58%	1,97%	3,20%
m1	12	n	n	5,44%	5,55%	6,04%	3,92%	4,62%	5,40%	1,20%	1,65%	1,25%	2,27%	1,47%	1,72%	1,87%	3,26%
m1	36	a	a	5,40%	5,40%	5,83%	3,48%	4,45%	5,22%	1,20%	1,58%	1,20%	2,17%	1,43%	1,71%	1,98%	3,16%
m1	36	n	a	5,40%	5,43%	5,87%	3,50%	4,48%	5,10%	1,22%	1,60%	1,19%	2,18%	1,44%	1,69%	1,82%	3,15%
m1	36	a	n	5,40%	5,42%	5,84%	3,48%	4,45%	5,23%	1,20%	1,58%	1,19%	2,16%	1,43%	1,70%	1,97%	3,16%
m1	36	n	n	5,42%	5,64%	5,98%	3,51%	4,61%	5,32%	1,19%	1,75%	1,17%	2,12%	1,48%	1,90%	1,89%	3,23%
m2	1	a	a	5,16%	5,63%	5,45%	4,84%	5,13%	5,82%	1,56%	2,07%	2,26%	2,94%	1,82%	1,61%	2,74%	3,62%
m2	1	n	a	5,20%	5,74%	5,61%	4,76%	5,03%	5,61%	1,72%	2,20%	2,41%	3,19%	1,90%	1,77%	2,76%	3,69%
m2	1	a	n	5,19%	5,64%	5,44%	4,83%	5,16%	5,80%	1,55%	2,08%	2,26%	2,91%	1,79%	1,63%	2,74%	3,62%
m2	1	n	n	5,15%	5,72%	5,60%	4,75%	5,02%	5,60%	1,71%	2,22%	2,39%	3,19%	1,90%	1,75%	2,77%	3,67%
m2	12	a	a	5,38%	5,33%	5,93%	3,88%	4,42%	5,29%	1,18%	1,56%	1,27%	2,30%	1,41%	1,56%	1,97%	3,19%
m2	12	n	a	5,42%	5,29%	6,08%	3,67%	4,07%	4,89%	1,50%	1,77%	1,54%	2,63%	1,36%	1,54%	1,90%	3,21%
m2	12	a	n	5,41%	5,34%	5,95%	3,87%	4,44%	5,34%	1,21%	1,55%	1,26%	2,29%	1,42%	1,59%	1,97%	3,20%
m2	12	n	n	5,40%	5,31%	6,06%	3,68%	4,07%	4,89%	1,49%	1,78%	1,54%	2,62%	1,37%	1,56%	1,89%	3,21%
m2	36	a	a	5,41%	5,43%	5,83%	3,49%	4,46%	5,18%	1,21%	1,58%	1,22%	2,14%	1,42%	1,69%	1,97%	3,15%
m2	36	n	a	5,44%	5,32%	5,98%	3,21%	3,84%	4,75%	1,70%	1,96%	1,56%	2,61%	1,35%	1,59%	1,87%	3,17%
m2	36	a	n	5,37%	5,40%	5,85%	3,48%	4,46%	5,25%	1,19%	1,57%	1,21%	2,16%	1,43%	1,71%	1,96%	3,16%
m2	36	n	n	5,45%	5,33%	5,96%	3,20%	3,84%	4,73%	1,70%	1,95%	1,54%	2,63%	1,37%	1,58%	1,87%	3,17%
průměr				5,34%	5,48%	5,80%	4,00%	4,59%	5,34%	1,40%	1,81%	1,63%	2,55%	1,54%	1,65%	2,17%	3,33%
<i>Nulová metoda</i>				7,87%	7,86%	7,84%	5,73%	5,74%	5,82%	6,33%	6,22%	6,27%	6,39%	5,21%	5,20%	5,27%	6,29%



Graf 1: Poměr k průměru z porovnávaných variant



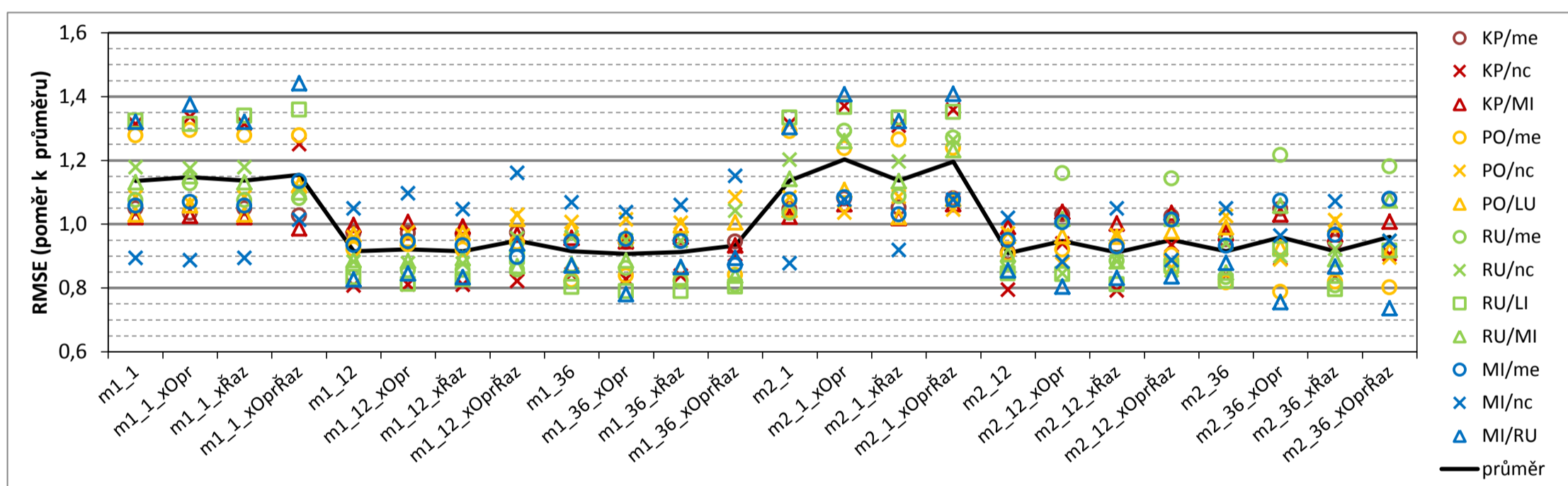
Graf 2: Poměr k výsledku pro standardní metodu m1_36

Příloha 3 Porovnání výsledků pro různé varianty výpočetního postupu

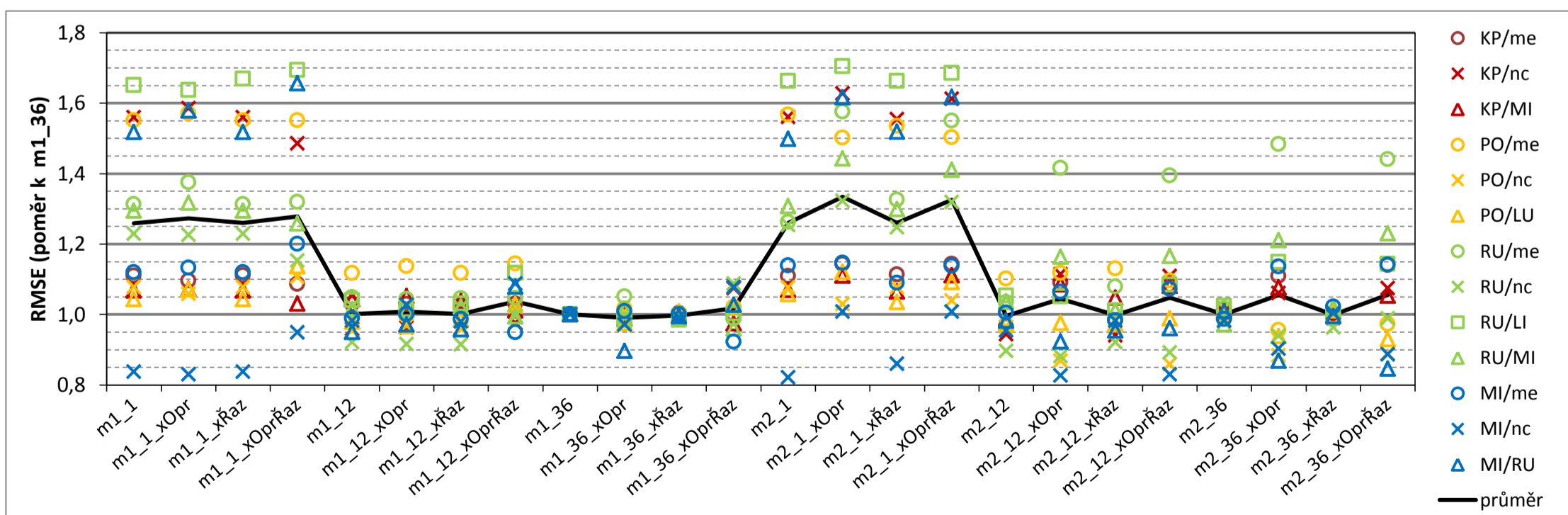
kritérium: **h1** - chyba simulace průměrné rychlosti větru (% skutečné rychlosti větru na cílové řadě)

ukazatel: **absmax** - nejvyšší absolutní hodnota chyby

m.	DD	Opr	Řaz	KP/me	KP/nc	KP/MI	PO/me	PO/nc	PO/LU	RU/me	RU/nc	RU/LI	RU/MI	MI/me	MI/nc	MI/RU	průměr
m1	1	a	a	12,61%	15,81%	15,24%	11,64%	11,75%	10,72%	3,80%	5,71%	4,73%	7,71%	3,82%	3,70%	7,42%	8,82%
m1	1	n	a	12,45%	16,07%	15,30%	11,79%	11,55%	11,01%	3,98%	5,69%	4,69%	7,84%	3,87%	3,67%	7,72%	8,89%
m1	1	a	n	12,62%	15,80%	15,24%	11,64%	11,75%	10,72%	3,80%	5,71%	4,78%	7,71%	3,82%	3,70%	7,42%	8,82%
m1	1	n	n	12,35%	15,05%	14,72%	11,64%	12,07%	11,68%	3,82%	5,35%	4,85%	7,49%	4,10%	4,19%	8,10%	8,88%
m1	12	a	a	11,70%	9,71%	14,87%	8,39%	10,39%	10,06%	3,03%	4,27%	2,98%	6,04%	3,38%	4,34%	4,64%	7,22%
m1	12	n	a	11,70%	9,76%	15,02%	8,53%	10,56%	9,93%	3,02%	4,25%	2,90%	6,03%	3,42%	4,54%	4,75%	7,26%
m1	12	a	n	11,65%	9,74%	14,81%	8,38%	10,45%	10,12%	3,02%	4,25%	2,95%	6,08%	3,37%	4,33%	4,68%	7,22%
m1	12	n	n	11,71%	9,89%	14,44%	8,59%	11,14%	10,57%	3,03%	4,63%	3,20%	5,91%	3,24%	4,80%	5,28%	7,42%
m1	36	a	a	11,37%	10,14%	14,28%	7,51%	10,91%	10,28%	2,89%	4,64%	2,86%	5,95%	3,42%	4,42%	4,89%	7,20%
m1	36	n	a	11,35%	9,96%	14,11%	7,63%	10,99%	10,02%	3,04%	4,60%	2,82%	6,03%	3,45%	4,29%	4,38%	7,13%
m1	36	a	n	11,41%	10,09%	14,33%	7,51%	10,88%	10,36%	2,90%	4,59%	2,82%	5,88%	3,42%	4,38%	4,87%	7,19%
m1	36	n	n	11,37%	10,89%	13,92%	7,66%	11,75%	10,47%	2,86%	5,05%	2,87%	5,71%	3,15%	4,76%	5,02%	7,34%
m2	1	a	a	12,60%	15,82%	15,26%	11,76%	11,74%	10,87%	3,65%	5,82%	4,76%	7,78%	3,89%	3,63%	7,33%	8,84%
m2	1	n	a	12,99%	16,49%	15,84%	11,27%	11,23%	11,52%	4,56%	6,14%	4,88%	8,58%	3,92%	4,45%	7,91%	9,21%
m2	1	a	n	12,65%	15,75%	15,20%	11,52%	11,76%	10,63%	3,84%	5,79%	4,76%	7,73%	3,72%	3,80%	7,43%	8,81%
m2	1	n	n	12,99%	16,34%	15,86%	11,28%	11,33%	11,22%	4,49%	6,13%	4,82%	8,40%	3,89%	4,45%	7,91%	9,16%
m2	12	a	a	10,96%	9,56%	14,78%	8,26%	10,52%	10,02%	2,99%	4,16%	3,02%	6,16%	3,43%	4,22%	4,80%	7,15%
m2	12	n	a	12,39%	11,29%	15,49%	8,38%	9,47%	10,02%	4,09%	4,09%	3,01%	6,93%	3,63%	3,65%	4,52%	7,46%
m2	12	a	n	11,17%	9,53%	14,95%	8,48%	10,46%	10,00%	3,12%	4,28%	2,89%	6,02%	3,36%	4,34%	4,67%	7,17%
m2	12	n	n	12,32%	11,24%	15,43%	8,22%	9,36%	10,16%	4,03%	4,14%	3,10%	6,93%	3,66%	3,67%	4,70%	7,46%
m2	36	a	a	11,45%	10,11%	14,49%	7,44%	11,10%	10,31%	2,94%	4,55%	2,93%	5,78%	3,37%	4,34%	4,93%	7,21%
m2	36	n	a	12,61%	10,75%	15,37%	7,17%	9,64%	9,64%	4,29%	4,36%	3,29%	7,20%	3,88%	3,99%	4,25%	7,42%
m2	36	a	n	11,35%	10,03%	14,43%	7,47%	10,96%	10,39%	2,85%	4,47%	2,84%	6,07%	3,49%	4,43%	4,87%	7,20%
m2	36	n	n	12,96%	10,89%	15,03%	7,30%	9,70%	9,55%	4,17%	4,59%	3,27%	7,32%	3,90%	3,92%	4,14%	7,44%
průměr				12,03%	12,03%	14,92%	9,11%	10,83%	10,41%	3,53%	4,84%	3,57%	6,82%	3,61%	4,14%	5,62%	7,80%
<i>Nulová metoda</i>				18,46%	18,86%	18,99%	11,01%	11,10%	11,85%	12,79%	12,37%	12,36%	12,52%	12,93%	13,21%	13,30%	13,83%



Graf 1: Poměr k průměru z porovnávaných variant



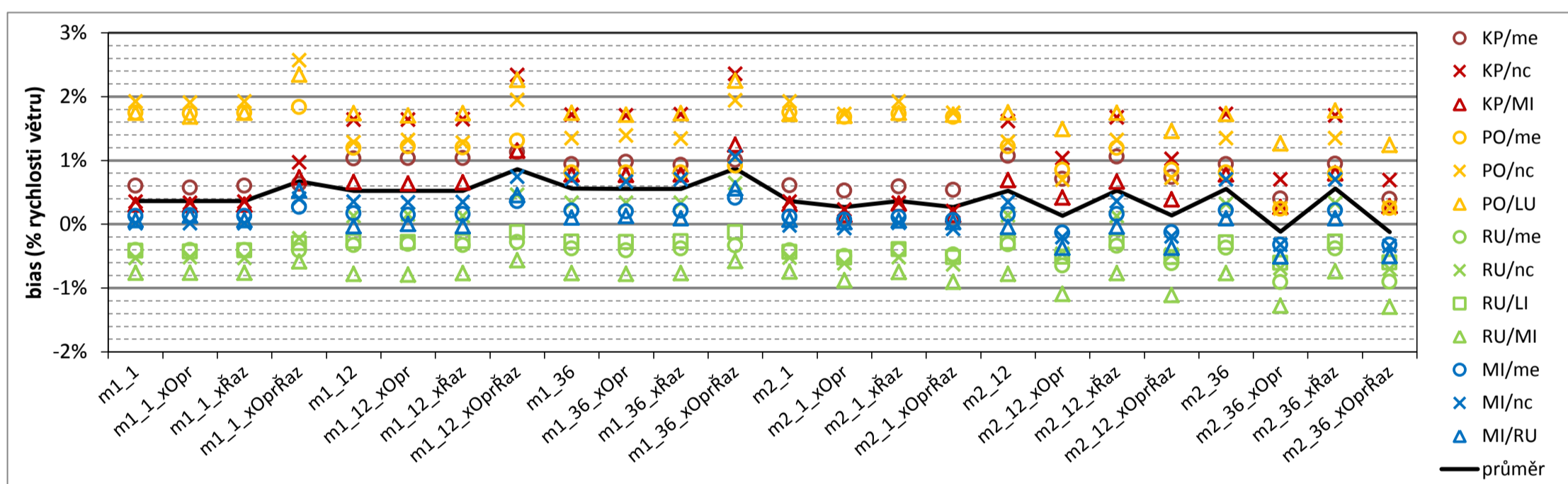
Graf 2: Poměr k výsledku pro standardní metodu m1_36

Příloha 3 Porovnání výsledků pro různé varianty výpočetního postupu

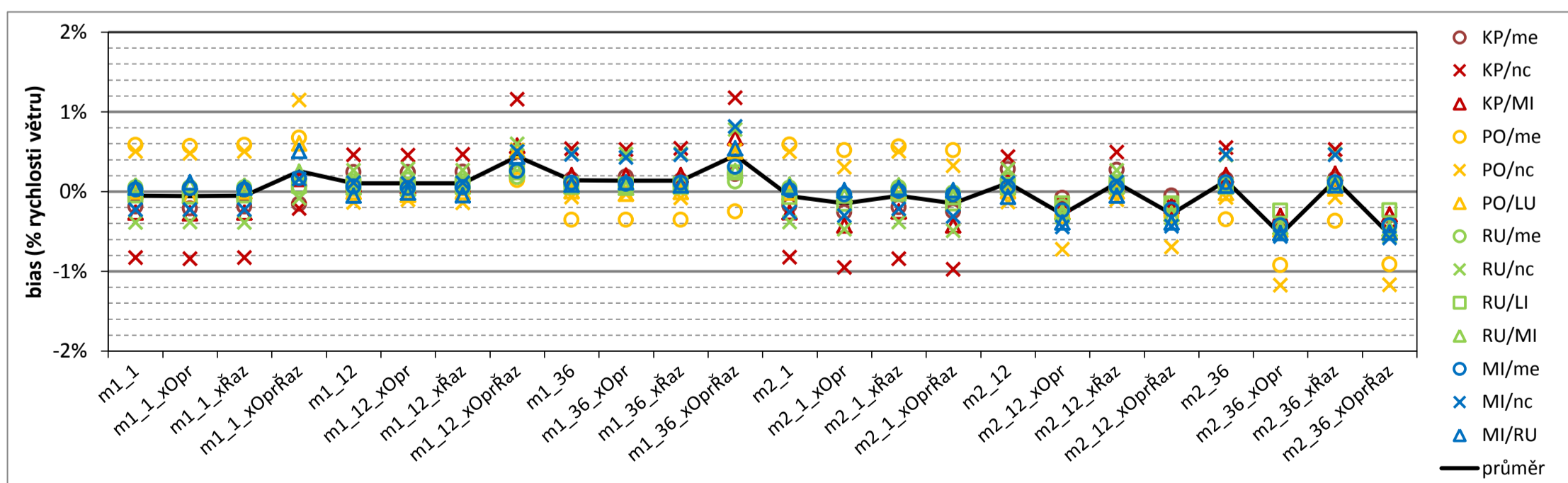
kritérium: h1 - chyba simulace průměrné rychlosti větru (% skutečné rychlosti větru na cílové řadě)

ukazatel: bias - systematická chyba

m.	DD	Opr	Řaz	KP/me	KP/nc	KP/MI	PO/me	PO/nc	PO/LU	RU/me	RU/nc	RU/LI	RU/MI	MI/me	MI/nc	MI/RU	průměr
m1	1	a	a	0,60%	0,35%	0,31%	1,75%	1,92%	1,74%	-0,41%	-0,53%	-0,42%	-0,76%	0,13%	0,02%	0,06%	0,37%
m1	1	n	a	0,57%	0,34%	0,30%	1,73%	1,90%	1,69%	-0,41%	-0,52%	-0,43%	-0,76%	0,14%	0,01%	0,13%	0,36%
m1	1	a	n	0,60%	0,35%	0,31%	1,75%	1,92%	1,74%	-0,41%	-0,53%	-0,41%	-0,76%	0,13%	0,01%	0,06%	0,37%
m1	1	n	n	0,63%	0,97%	0,73%	1,83%	2,57%	2,34%	-0,41%	-0,22%	-0,30%	-0,58%	0,27%	0,40%	0,52%	0,67%
m1	12	a	a	1,03%	1,64%	0,66%	1,19%	1,28%	1,74%	-0,33%	0,13%	-0,27%	-0,78%	0,17%	0,35%	-0,03%	0,52%
m1	12	n	a	1,03%	1,64%	0,64%	1,21%	1,32%	1,70%	-0,31%	0,15%	-0,28%	-0,79%	0,14%	0,34%	0,00%	0,52%
m1	12	a	n	1,03%	1,65%	0,66%	1,20%	1,28%	1,74%	-0,33%	0,13%	-0,27%	-0,77%	0,16%	0,35%	-0,03%	0,52%
m1	12	n	n	1,13%	2,33%	1,15%	1,31%	1,95%	2,26%	-0,28%	0,46%	-0,13%	-0,56%	0,36%	0,74%	0,45%	0,86%
m1	36	a	a	0,94%	1,72%	0,78%	0,81%	1,35%	1,75%	-0,38%	0,33%	-0,27%	-0,77%	0,21%	0,71%	0,10%	0,56%
m1	36	n	a	0,97%	1,70%	0,77%	0,81%	1,39%	1,72%	-0,41%	0,33%	-0,28%	-0,78%	0,20%	0,67%	0,13%	0,56%
m1	36	a	n	0,93%	1,72%	0,78%	0,81%	1,34%	1,74%	-0,38%	0,34%	-0,27%	-0,77%	0,21%	0,70%	0,09%	0,56%
m1	36	n	n	1,01%	2,36%	1,25%	0,91%	1,94%	2,25%	-0,34%	0,64%	-0,13%	-0,58%	0,41%	1,06%	0,56%	0,87%
m2	1	a	a	0,61%	0,35%	0,31%	1,75%	1,92%	1,73%	-0,41%	-0,52%	-0,43%	-0,75%	0,12%	-0,02%	0,07%	0,36%
m2	1	n	a	0,52%	0,23%	0,15%	1,68%	1,73%	1,70%	-0,50%	-0,61%	-0,52%	-0,88%	0,07%	-0,06%	0,03%	0,27%
m2	1	a	n	0,59%	0,34%	0,32%	1,73%	1,92%	1,75%	-0,41%	-0,52%	-0,40%	-0,75%	0,11%	0,02%	0,06%	0,37%
m2	1	n	n	0,53%	0,21%	0,15%	1,68%	1,75%	1,71%	-0,48%	-0,63%	-0,52%	-0,90%	0,06%	-0,07%	0,03%	0,27%
m2	12	a	a	1,07%	1,62%	0,69%	1,21%	1,29%	1,75%	-0,31%	0,14%	-0,28%	-0,78%	0,15%	0,35%	-0,05%	0,53%
m2	12	n	a	0,71%	1,03%	0,42%	0,85%	0,70%	1,49%	-0,65%	-0,46%	-0,51%	-1,10%	-0,13%	-0,20%	-0,37%	0,14%
m2	12	a	n	1,06%	1,67%	0,67%	1,19%	1,32%	1,74%	-0,34%	0,13%	-0,27%	-0,77%	0,16%	0,36%	-0,04%	0,53%
m2	12	n	n	0,74%	1,02%	0,39%	0,85%	0,72%	1,46%	-0,62%	-0,47%	-0,52%	-1,11%	-0,13%	-0,20%	-0,37%	0,14%
m2	36	a	a	0,94%	1,73%	0,78%	0,81%	1,35%	1,73%	-0,37%	0,32%	-0,29%	-0,77%	0,22%	0,70%	0,09%	0,56%
m2	36	n	a	0,40%	0,70%	0,27%	0,24%	0,25%	1,26%	-0,91%	-0,69%	-0,61%	-1,28%	-0,32%	-0,32%	-0,51%	-0,12%
m2	36	a	n	0,94%	1,70%	0,80%	0,79%	1,35%	1,78%	-0,38%	0,33%	-0,28%	-0,74%	0,22%	0,70%	0,09%	0,56%
m2	36	n	n	0,39%	0,69%	0,28%	0,25%	0,25%	1,24%	-0,90%	-0,70%	-0,60%	-1,30%	-0,32%	-0,34%	-0,50%	-0,12%
průměr				0,79%	1,18%	0,57%	1,16%	1,42%	1,74%	-0,46%	-0,14%	-0,36%	-0,83%	0,10%	0,24%	0,02%	0,42%
<i>Nulová metoda</i>				<i>-0,04%</i>	<i>0,03%</i>	<i>0,19%</i>	<i>1,22%</i>	<i>1,16%</i>	<i>1,11%</i>	<i>-0,85%</i>	<i>-0,88%</i>	<i>-0,99%</i>	<i>-0,97%</i>	<i>-0,24%</i>	<i>-0,28%</i>	<i>-0,29%</i>	<i>-0,06%</i>



Graf 1: shodné s tabulkou

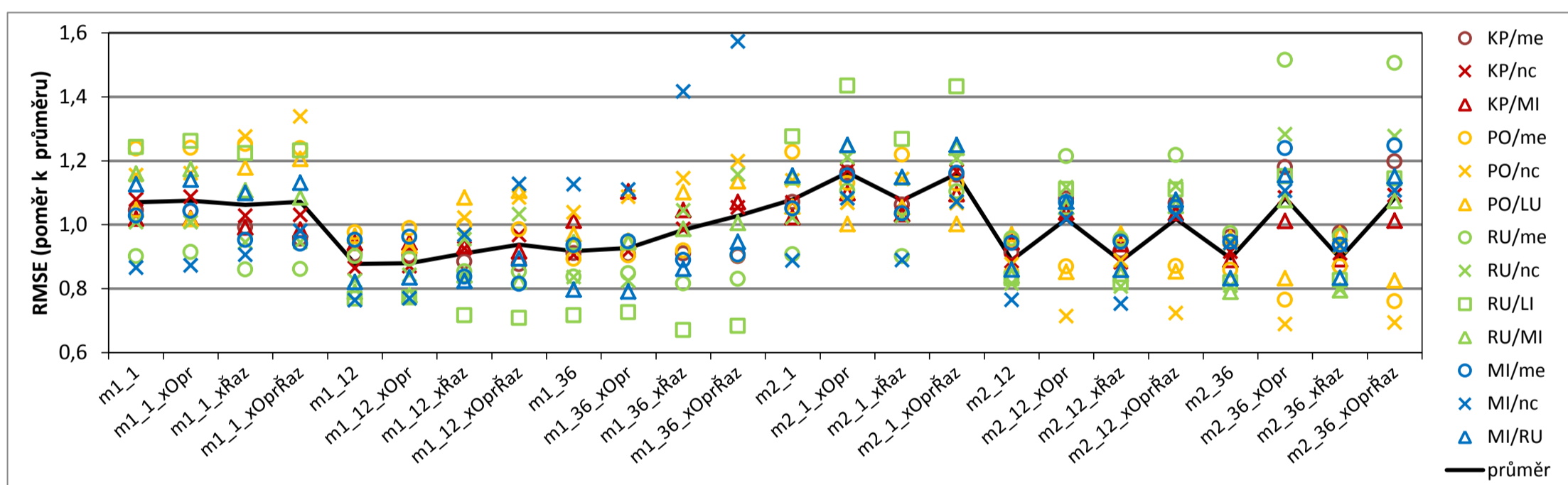


Graf 2: Odchylka od průměru z porovnávaných variant

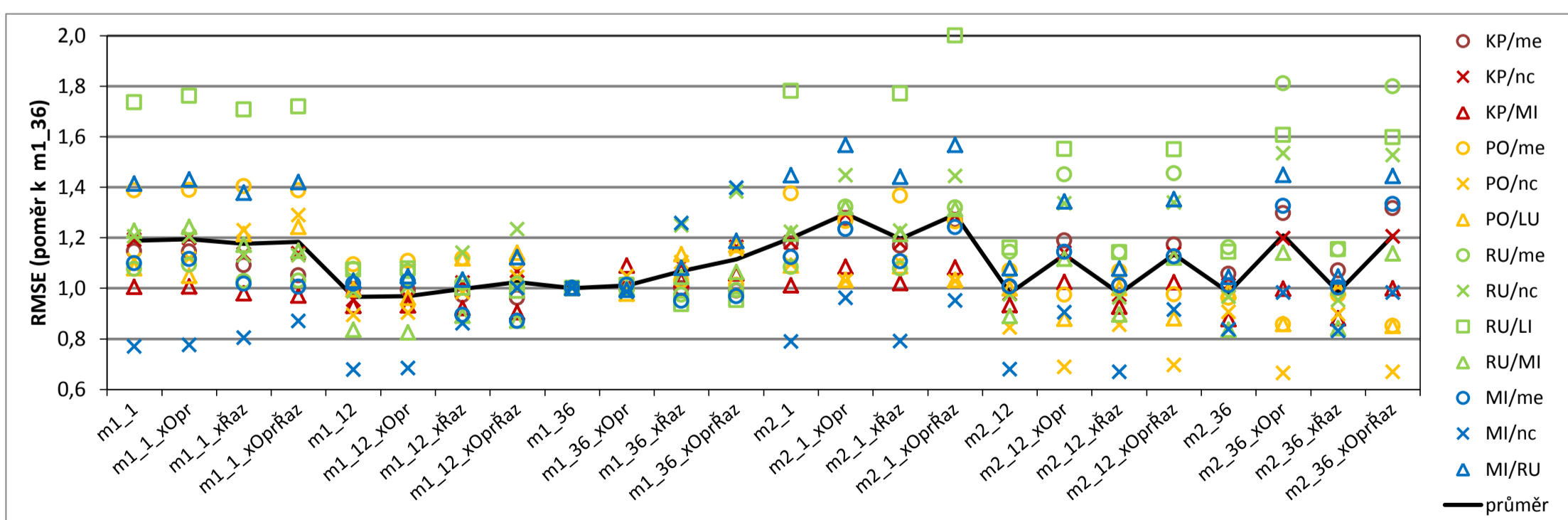
Příloha 3 Porovnání výsledků pro různé varianty výpočetního postupu

kritérium: h2 - chyba simulace průměrné hustoty výkonu (% skutečné hustoty výkonu větru na cílové řadě)
 ukazatel: RMSE - střední kvadratická chyba

m.	DD	Opr	Řaz	KP/me	KP/nc	KP/MI	PO/me	PO/nc	PO/LU	RU/me	RU/nc	RU/LI	RU/MI	MI/me	MI/nc	MI/RU	průměr
m1	1	a	a	8,8%	11,9%	13,8%	15,7%	15,8%	17,9%	3,9%	6,3%	8,0%	10,4%	4,4%	5,0%	7,5%	9,9%
m1	1	n	a	8,8%	12,0%	13,8%	15,8%	15,8%	17,4%	3,9%	6,3%	8,1%	10,5%	4,4%	5,0%	7,6%	10,0%
m1	1	a	n	8,3%	11,3%	13,4%	15,9%	17,4%	20,1%	3,7%	5,9%	7,9%	9,9%	4,0%	5,2%	7,4%	10,0%
m1	1	n	n	8,0%	11,4%	13,3%	15,7%	18,3%	20,6%	3,7%	5,9%	7,9%	9,7%	4,0%	5,6%	7,6%	10,1%
m1	12	a	a	7,6%	9,5%	12,8%	12,4%	12,7%	16,5%	3,9%	5,1%	5,0%	7,1%	4,0%	4,4%	5,5%	8,2%
m1	12	n	a	7,6%	9,6%	12,8%	12,6%	12,8%	16,0%	3,8%	5,3%	5,0%	7,0%	4,1%	4,4%	5,6%	8,2%
m1	12	a	n	7,4%	10,2%	12,6%	12,7%	14,0%	18,6%	3,6%	5,9%	4,6%	7,5%	3,6%	5,5%	5,5%	8,6%
m1	12	n	n	7,4%	10,7%	12,4%	12,5%	14,8%	18,9%	3,6%	6,4%	4,6%	7,4%	3,5%	6,5%	6,0%	8,8%
m1	36	a	a	7,6%	10,0%	13,7%	11,3%	14,2%	16,6%	3,6%	5,2%	4,6%	8,4%	4,0%	6,4%	5,3%	8,5%
m1	36	n	a	7,6%	10,1%	15,0%	11,5%	14,9%	16,2%	3,6%	5,1%	4,7%	8,5%	4,0%	6,4%	5,3%	8,7%
m1	36	a	n	7,6%	10,9%	14,2%	11,7%	15,6%	18,8%	3,5%	6,5%	4,3%	8,8%	3,8%	8,1%	5,8%	9,2%
m1	36	n	n	7,6%	11,6%	14,5%	11,5%	16,4%	19,4%	3,6%	7,2%	4,4%	9,0%	3,9%	9,0%	6,3%	9,6%
m2	1	a	a	9,0%	11,8%	13,9%	15,6%	15,5%	18,1%	3,9%	6,4%	8,2%	10,3%	4,5%	5,1%	7,7%	10,0%
m2	1	n	a	9,8%	12,9%	14,9%	14,4%	14,6%	17,1%	4,7%	7,5%	9,2%	11,2%	4,9%	6,2%	8,4%	10,4%
m2	1	a	n	8,9%	11,8%	14,0%	15,5%	15,6%	18,0%	3,9%	6,4%	8,2%	10,3%	4,4%	5,1%	7,7%	10,0%
m2	1	n	n	9,7%	12,9%	14,8%	14,3%	14,6%	17,1%	4,7%	7,5%	9,2%	11,1%	4,9%	6,1%	8,4%	10,4%
m2	12	a	a	7,7%	9,8%	12,8%	12,1%	12,0%	16,6%	4,1%	5,1%	5,4%	7,5%	4,0%	4,4%	5,8%	8,2%
m2	12	n	a	9,1%	11,4%	14,1%	11,0%	9,8%	14,6%	5,2%	7,0%	7,2%	9,4%	4,5%	5,8%	7,2%	8,9%
m2	12	a	n	7,7%	9,7%	12,7%	12,1%	12,1%	16,6%	4,1%	5,0%	5,3%	7,6%	4,0%	4,3%	5,7%	8,2%
m2	12	n	n	9,0%	11,4%	14,0%	11,1%	9,9%	14,6%	5,2%	7,0%	7,2%	9,5%	4,5%	5,9%	7,2%	8,9%
m2	36	a	a	8,1%	10,1%	12,0%	10,9%	12,9%	16,4%	4,2%	5,0%	5,3%	7,1%	4,0%	5,4%	5,6%	8,2%
m2	36	n	a	9,9%	12,0%	13,7%	9,7%	9,4%	14,2%	6,5%	8,0%	7,4%	9,6%	5,3%	6,3%	7,7%	9,2%
m2	36	a	n	8,2%	10,1%	12,1%	11,0%	12,7%	16,6%	4,1%	5,0%	5,3%	7,1%	4,0%	5,4%	5,6%	8,2%
m2	36	n	n	10,1%	12,1%	13,7%	9,7%	9,5%	14,1%	6,4%	8,0%	7,4%	9,6%	5,3%	6,3%	7,7%	9,2%
průměr				8,4%	11,0%	13,6%	12,7%	13,7%	17,1%	4,3%	6,2%	6,4%	8,9%	4,3%	5,7%	6,7%	9,2%
<i>Nulová metoda</i>				24,5%	24,7%	24,9%	18,2%	18,3%	18,5%	21,5%	21,4%	21,6%	21,9%	16,6%	16,4%	16,6%	20,4%



Graf 1: Poměr k průměru z porovnávaných variant

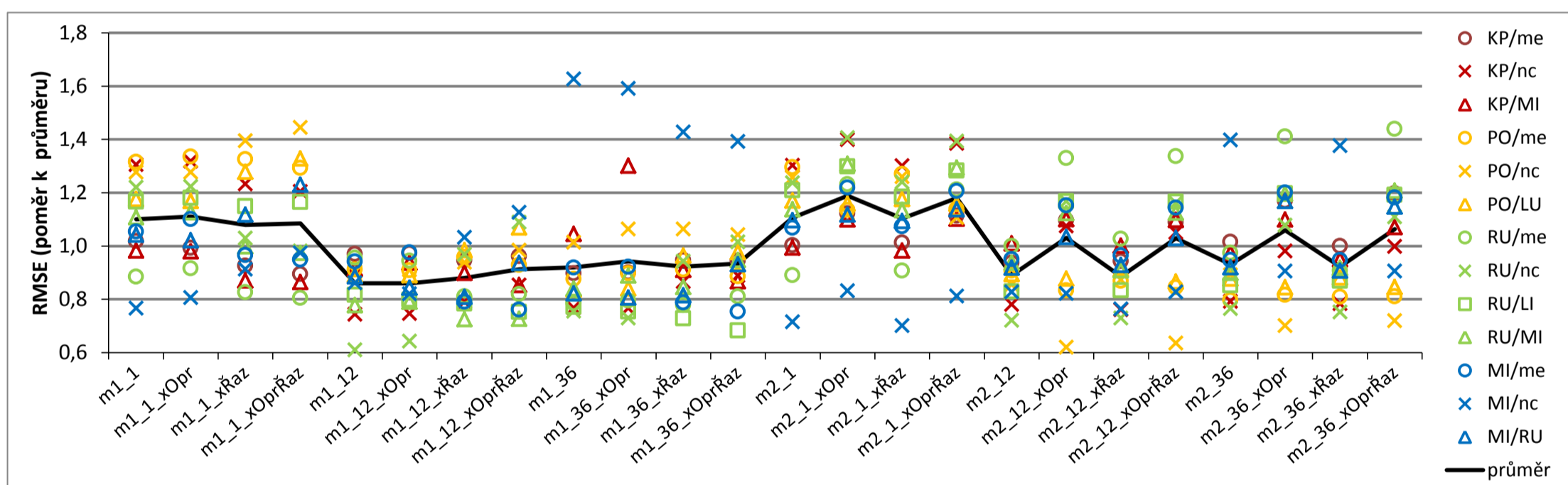


Graf 2: Poměr k výsledku pro standardní metodu m1_36

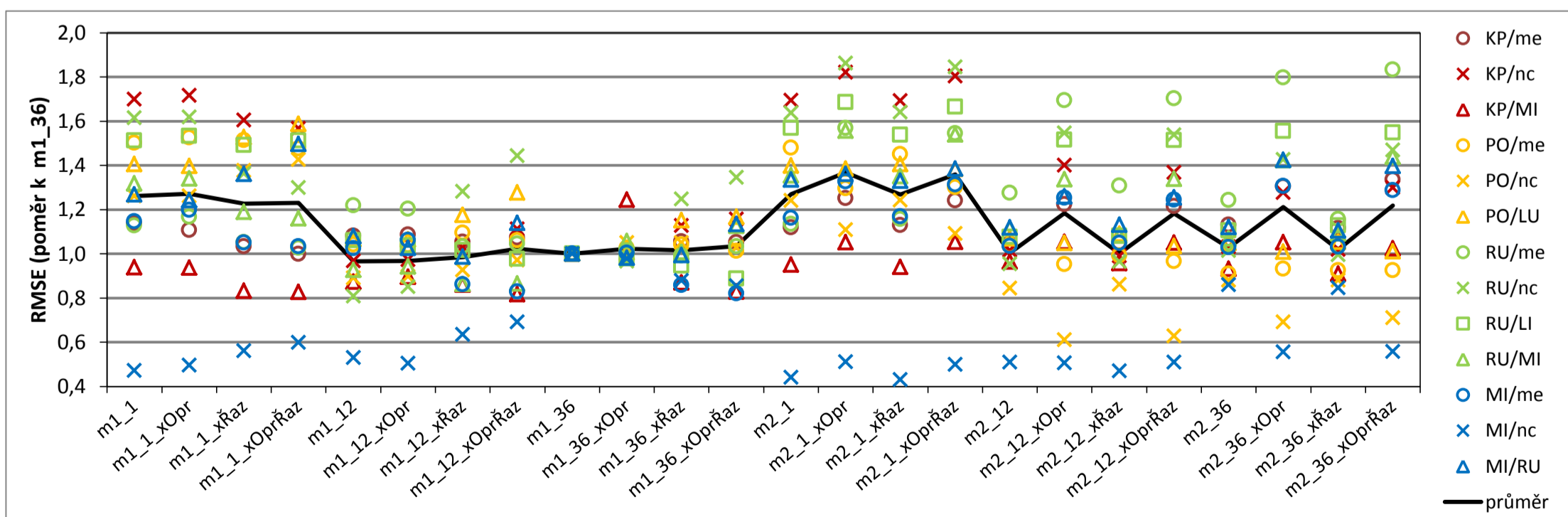
Příloha 3 Porovnání výsledků pro různé varianty výpočetního postupu

kritérium: h2 - chyba simulace průměrné hustoty výkonu (% skutečné hustoty výkonu větru na cílové řadě)
 ukazatel: absmax - nejvyšší absolutní hodnota chyby

m.	DD	Opr	Řaz	KP/me	KP/nc	KP/MI	PO/me	PO/nc	PO/LU	RU/me	RU/nc	RU/LI	RU/MI	MI/me	MI/nc	MI/RU	průměr
m1	1	a	a	23,6%	35,9%	32,6%	38,3%	40,3%	36,5%	9,5%	19,0%	16,6%	24,3%	11,3%	12,6%	16,1%	24,4%
m1	1	n	a	23,0%	36,3%	32,5%	38,9%	40,3%	36,3%	9,8%	19,1%	16,9%	24,8%	11,8%	13,2%	15,8%	24,5%
m1	1	a	n	21,5%	33,9%	28,8%	38,6%	44,0%	39,7%	8,9%	16,1%	16,4%	22,0%	10,3%	15,0%	17,3%	24,0%
m1	1	n	n	20,7%	33,1%	28,7%	37,7%	45,5%	41,2%	8,7%	15,3%	16,6%	21,4%	10,2%	16,0%	19,0%	24,2%
m1	12	a	a	22,4%	20,5%	30,3%	26,6%	28,4%	27,7%	10,3%	9,5%	11,7%	17,1%	10,1%	14,1%	13,7%	18,6%
m1	12	n	a	22,5%	20,6%	31,1%	26,5%	28,7%	27,7%	10,1%	10,0%	11,4%	17,4%	10,4%	13,5%	13,1%	18,7%
m1	12	a	n	21,9%	21,8%	29,8%	27,9%	29,6%	30,5%	8,7%	15,1%	11,2%	15,9%	8,5%	16,9%	12,5%	19,3%
m1	12	n	n	22,3%	23,5%	28,3%	27,0%	31,0%	33,2%	8,8%	17,0%	10,7%	16,0%	8,2%	18,5%	14,5%	19,9%
m1	36	a	a	20,8%	21,1%	34,7%	25,5%	31,9%	26,0%	8,4%	11,8%	11,0%	18,5%	9,8%	26,7%	12,7%	19,9%
m1	36	n	a	20,8%	21,1%	43,1%	26,2%	33,5%	26,1%	8,5%	11,4%	10,8%	19,5%	9,9%	26,1%	12,5%	20,7%
m1	36	a	n	21,9%	23,8%	30,2%	26,6%	33,5%	29,9%	8,4%	14,7%	10,4%	18,6%	8,4%	23,4%	12,6%	20,2%
m1	36	n	n	21,8%	24,5%	28,8%	25,8%	32,8%	30,3%	8,7%	15,8%	9,7%	20,8%	8,1%	22,8%	14,4%	20,3%
m2	1	a	a	23,2%	35,8%	33,0%	37,7%	39,6%	36,4%	9,6%	19,3%	17,2%	25,0%	11,4%	11,7%	17,0%	24,4%
m2	1	n	a	26,0%	38,5%	36,4%	33,0%	35,4%	36,0%	13,2%	21,9%	18,5%	28,8%	13,1%	13,7%	17,3%	25,5%
m2	1	a	n	23,4%	35,8%	32,6%	37,0%	39,7%	36,5%	9,8%	19,3%	16,9%	25,0%	11,5%	11,5%	16,9%	24,3%
m2	1	n	n	25,8%	38,1%	36,5%	33,2%	34,9%	36,0%	13,0%	21,7%	18,3%	28,4%	12,9%	13,3%	17,6%	25,4%
m2	12	a	a	21,7%	21,5%	33,5%	26,4%	26,9%	27,8%	10,7%	11,3%	11,8%	20,6%	10,2%	13,6%	14,2%	19,2%
m2	12	n	a	25,4%	29,6%	36,5%	24,3%	19,5%	27,2%	14,3%	18,2%	16,7%	24,7%	12,3%	13,5%	16,0%	21,4%
m2	12	a	n	21,8%	20,9%	33,2%	25,3%	27,5%	28,3%	11,0%	11,4%	11,9%	20,0%	10,3%	12,5%	14,4%	19,1%
m2	12	n	n	25,2%	28,9%	36,4%	24,6%	20,0%	26,9%	14,4%	18,1%	16,6%	24,7%	12,2%	13,6%	15,9%	21,4%
m2	36	a	a	23,5%	21,8%	32,3%	23,2%	28,1%	27,2%	10,5%	11,9%	12,2%	19,8%	10,1%	22,9%	14,2%	19,8%
m2	36	n	a	27,1%	27,0%	36,4%	23,8%	22,1%	26,2%	15,2%	16,8%	17,1%	26,3%	12,9%	14,8%	18,1%	21,8%
m2	36	a	n	23,2%	21,5%	31,5%	23,6%	28,1%	27,4%	9,8%	11,7%	12,4%	20,2%	10,1%	22,6%	14,0%	19,7%
m2	36	n	n	27,7%	27,4%	35,5%	23,6%	22,7%	26,3%	15,5%	17,3%	17,0%	26,6%	12,7%	14,9%	17,8%	21,9%
průměr				23,2%	27,5%	33,2%	29,1%	31,5%	31,1%	10,7%	15,6%	14,3%	22,0%	10,7%	16,4%	15,5%	21,6%
<i>Nulová metoda</i>				44,1%	44,3%	45,7%	40,2%	41,2%	43,6%	40,2%	38,2%	39,1%	40,3%	33,1%	33,8%	33,5%	39,8%



Graf 1: Poměr k průměru z porovnávaných variant

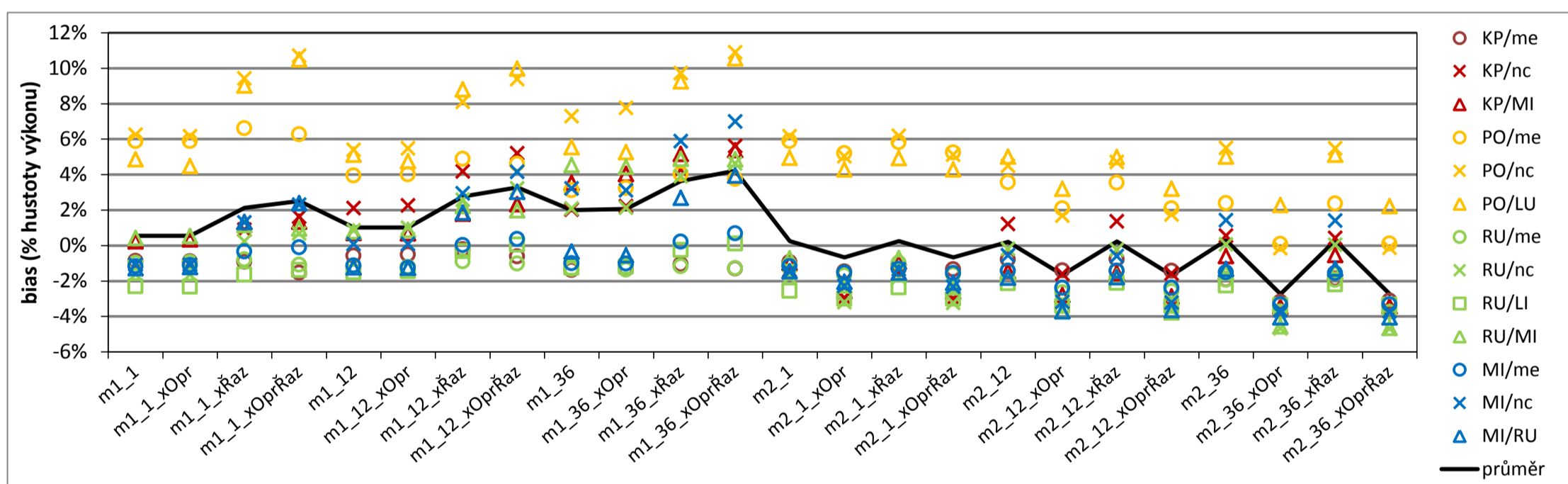


Graf 2: Poměr k výsledku pro standardní metodu m1_36

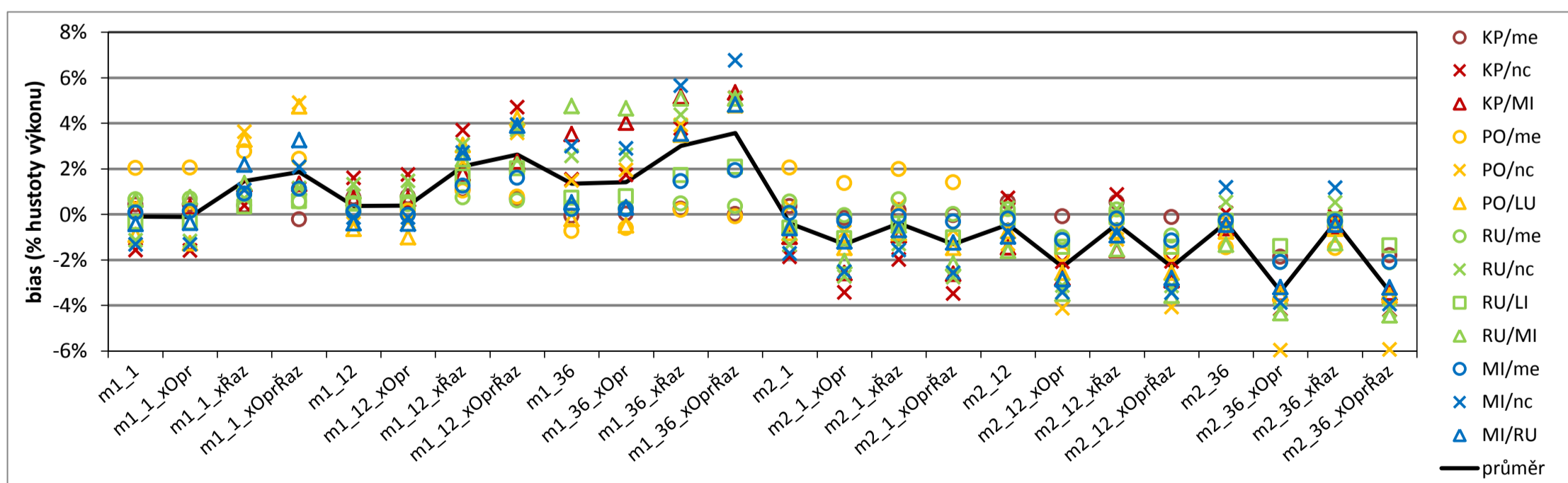
Příloha 3 Porovnání výsledků pro různé varianty výpočetního postupu

kritérium: h2 - chyba simulace průměrné hustoty výkonu (% skutečné hustoty výkonu větru na cílové řadě)
 ukazatel: bias - systematická chyba

m.	DD	Opr	Řaz	KP/me	KP/nc	KP/MI	PO/me	PO/nc	PO/LU	RU/me	RU/nc	RU/LI	RU/MI	MI/me	MI/nc	MI/RU	průměr
m1	1	a	a	-0,89%	-1,08%	0,22%	5,88%	6,25%	4,85%	-1,00%	-1,62%	-2,31%	0,42%	-1,18%	-1,10%	-1,29%	0,55%
m1	1	n	a	-0,90%	-1,09%	0,33%	5,88%	6,16%	4,48%	-0,95%	-1,65%	-2,33%	0,54%	-1,11%	-1,10%	-1,23%	0,54%
m1	1	a	n	-0,93%	0,88%	1,33%	6,60%	9,42%	9,03%	-0,80%	0,22%	-1,64%	1,15%	-0,34%	1,29%	1,31%	2,12%
m1	1	n	n	-1,55%	1,62%	1,33%	6,26%	10,70%	10,48%	-1,09%	0,68%	-1,40%	0,95%	-0,12%	2,31%	2,39%	2,50%
m1	12	a	a	-0,58%	2,10%	0,70%	3,93%	5,40%	5,11%	-1,15%	0,85%	-1,52%	0,78%	-1,14%	0,08%	-1,25%	1,02%
m1	12	n	a	-0,52%	2,25%	0,67%	4,00%	5,47%	4,76%	-1,21%	0,99%	-1,45%	0,88%	-1,27%	0,09%	-1,27%	1,03%
m1	12	a	n	-0,23%	4,18%	1,79%	4,88%	8,09%	8,80%	-0,90%	2,57%	-0,33%	2,20%	0,01%	2,93%	1,85%	2,76%
m1	12	n	n	-0,63%	5,19%	2,32%	4,61%	9,38%	9,98%	-1,03%	3,22%	0,05%	1,98%	0,36%	4,16%	3,03%	3,28%
m1	36	a	a	-1,38%	2,03%	3,53%	3,11%	7,28%	5,54%	-1,32%	2,09%	-1,26%	4,53%	-1,02%	3,22%	-0,35%	2,00%
m1	36	n	a	-1,29%	2,22%	4,03%	3,24%	7,76%	5,27%	-1,38%	2,13%	-1,19%	4,43%	-1,03%	3,12%	-0,56%	2,06%
m1	36	a	n	-1,08%	4,26%	5,16%	4,02%	9,72%	9,25%	-1,17%	3,89%	-0,27%	4,88%	0,21%	5,88%	2,67%	3,65%
m1	36	n	n	-1,31%	5,61%	5,36%	3,74%	10,90%	10,55%	-1,29%	4,63%	0,10%	4,87%	0,69%	6,98%	3,95%	4,21%
m2	1	a	a	-0,95%	-1,38%	-0,98%	5,89%	6,15%	4,93%	-1,09%	-1,81%	-2,57%	-0,74%	-1,19%	-1,49%	-1,46%	0,25%
m2	1	n	a	-1,48%	-2,94%	-2,58%	5,20%	5,04%	4,28%	-1,68%	-3,20%	-3,02%	-2,27%	-1,54%	-2,28%	-2,05%	-0,66%
m2	1	a	n	-1,14%	-1,49%	-0,93%	5,82%	6,18%	4,93%	-0,99%	-1,79%	-2,38%	-0,71%	-1,33%	-1,35%	-1,55%	0,25%
m2	1	n	n	-1,35%	-2,99%	-2,61%	5,24%	5,10%	4,28%	-1,64%	-3,24%	-3,00%	-2,37%	-1,56%	-2,34%	-2,09%	-0,66%
m2	12	a	a	-0,78%	1,21%	-1,45%	3,56%	4,50%	5,02%	-1,43%	-0,19%	-2,14%	-1,82%	-1,43%	-0,56%	-1,83%	0,21%
m2	12	n	a	-1,41%	-1,60%	-2,80%	2,08%	1,69%	3,19%	-2,65%	-3,60%	-3,41%	-3,71%	-2,38%	-3,19%	-3,71%	-1,65%
m2	12	a	n	-0,78%	1,36%	-1,57%	3,53%	4,70%	4,99%	-1,43%	-0,24%	-2,12%	-1,74%	-1,43%	-0,59%	-1,79%	0,22%
m2	12	n	n	-1,44%	-1,58%	-2,89%	2,09%	1,73%	3,19%	-2,59%	-3,62%	-3,42%	-3,79%	-2,40%	-3,22%	-3,65%	-1,66%
m2	36	a	a	-1,92%	0,55%	-0,60%	2,38%	5,49%	5,00%	-1,95%	0,06%	-2,26%	-1,54%	-1,52%	1,41%	-1,33%	0,29%
m2	36	n	a	-3,18%	-3,66%	-3,46%	0,08%	-0,15%	2,27%	-3,74%	-4,67%	-3,37%	-4,56%	-3,34%	-3,64%	-4,05%	-2,73%
m2	36	a	n	-1,87%	0,42%	-0,54%	2,35%	5,48%	5,11%	-1,94%	0,05%	-2,21%	-1,49%	-1,56%	1,40%	-1,31%	0,30%
m2	36	n	n	-3,11%	-3,70%	-3,43%	0,09%	-0,13%	2,20%	-3,76%	-4,70%	-3,35%	-4,66%	-3,34%	-3,71%	-4,06%	-2,74%
průměr				-1,31%	0,49%	0,00%	3,84%	5,80%	5,76%	-1,64%	-0,47%	-1,97%	-0,21%	-1,24%	0,23%	-0,86%	0,65%
<i>Nulová metoda</i>				<i>-2,23%</i>	<i>-1,99%</i>	<i>-1,76%</i>	<i>3,24%</i>	<i>3,11%</i>	<i>2,94%</i>	<i>-1,86%</i>	<i>-1,94%</i>	<i>-1,99%</i>	<i>-2,10%</i>	<i>-2,35%</i>	<i>-2,38%</i>	<i>-2,35%</i>	<i>-0,90%</i>



Graf 1: shodné s tabulkou



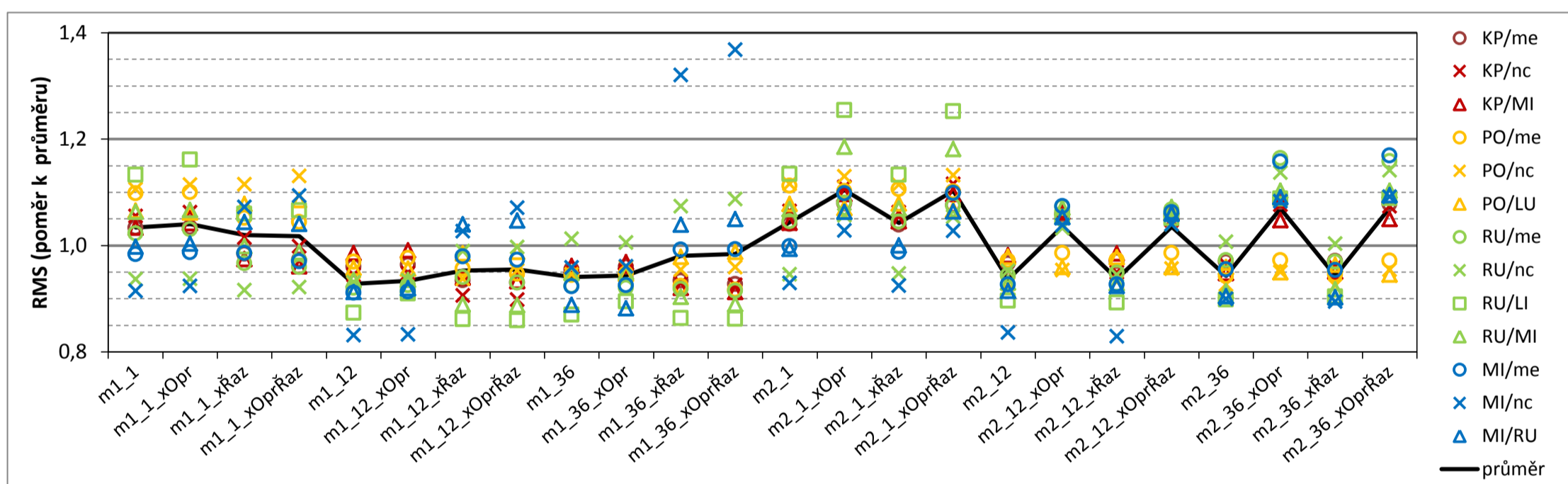
Graf 2: Odchylka od průměru z porovnávaných variant

Příloha 3 Porovnání výsledků pro různé varianty výpočetního postupu

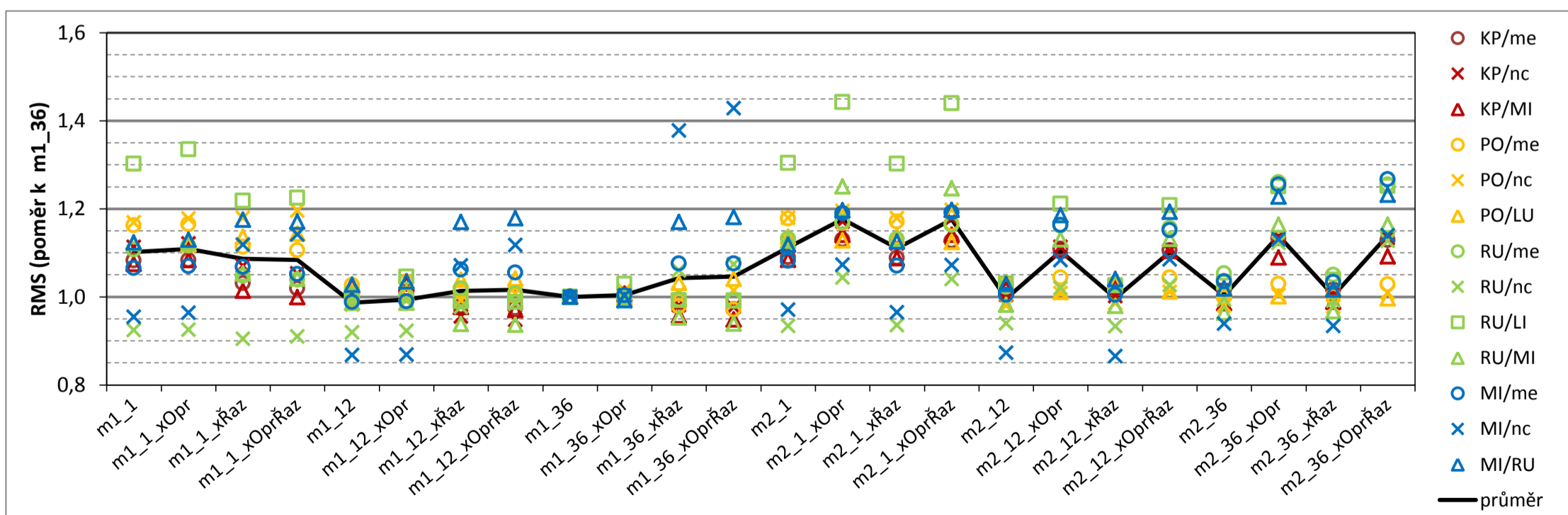
kritérium: h3 - chyba simulace tvaru četnostního rozdělení rychlosti větru (% skutečné rychlosti větru na cílové řadě)

ukazatel: RMS - střední kvadratická hodnota

m.	DD	Opr	Řaz	KP/me	KP/nc	KP/MI	PO/me	PO/nc	PO/LU	RU/me	RU/nc	RU/LI	RU/MI	MI/me	MI/nc	MI/RU	průměr
m1	1	a	a	4,23%	4,49%	4,75%	4,91%	4,87%	5,62%	1,64%	1,79%	2,09%	2,29%	1,16%	1,33%	1,82%	3,15%
m1	1	n	a	4,23%	4,52%	4,79%	4,92%	4,91%	5,60%	1,65%	1,79%	2,15%	2,29%	1,16%	1,34%	1,83%	3,17%
m1	1	a	n	4,03%	4,32%	4,48%	4,70%	4,92%	5,69%	1,55%	1,75%	1,96%	2,15%	1,16%	1,56%	1,90%	3,09%
m1	1	n	n	3,98%	4,25%	4,42%	4,67%	4,98%	5,72%	1,54%	1,76%	1,97%	2,12%	1,14%	1,59%	1,89%	3,08%
m1	12	a	a	3,93%	4,02%	4,53%	4,33%	4,09%	5,05%	1,47%	1,78%	1,61%	2,01%	1,08%	1,21%	1,66%	2,83%
m1	12	n	a	3,95%	4,03%	4,56%	4,37%	4,13%	5,05%	1,48%	1,79%	1,68%	2,01%	1,08%	1,21%	1,67%	2,85%
m1	12	a	n	3,83%	3,86%	4,32%	4,28%	4,13%	5,20%	1,51%	1,89%	1,59%	1,91%	1,16%	1,49%	1,89%	2,85%
m1	12	n	n	3,81%	3,82%	4,29%	4,23%	4,20%	5,21%	1,49%	1,91%	1,59%	1,91%	1,15%	1,56%	1,91%	2,85%
m1	36	a	a	3,91%	4,03%	4,42%	4,22%	4,17%	5,00%	1,48%	1,94%	1,61%	2,04%	1,09%	1,39%	1,62%	2,84%
m1	36	n	a	3,93%	4,05%	4,45%	4,24%	4,23%	4,99%	1,47%	1,92%	1,65%	2,04%	1,09%	1,40%	1,61%	2,85%
m1	36	a	n	3,82%	3,96%	4,23%	4,13%	4,21%	5,16%	1,47%	2,06%	1,60%	1,94%	1,17%	1,92%	1,89%	2,89%
m1	36	n	n	3,80%	3,94%	4,20%	4,10%	4,23%	5,21%	1,46%	2,08%	1,59%	1,91%	1,17%	1,99%	1,91%	2,89%
m2	1	a	a	4,26%	4,53%	4,79%	4,97%	4,92%	5,69%	1,67%	1,81%	2,10%	2,30%	1,18%	1,35%	1,81%	3,18%
m2	1	n	a	4,42%	4,72%	5,04%	4,93%	4,98%	5,64%	1,73%	2,02%	2,32%	2,55%	1,30%	1,50%	1,94%	3,31%
m2	1	a	n	4,26%	4,52%	4,81%	4,95%	4,91%	5,69%	1,67%	1,81%	2,09%	2,30%	1,17%	1,34%	1,82%	3,18%
m2	1	n	n	4,41%	4,75%	5,04%	4,93%	4,99%	5,62%	1,72%	2,02%	2,31%	2,54%	1,30%	1,49%	1,94%	3,31%
m2	12	a	a	3,96%	4,05%	4,51%	4,35%	4,09%	5,16%	1,51%	1,82%	1,66%	2,00%	1,09%	1,22%	1,67%	2,85%
m2	12	n	a	4,34%	4,49%	4,89%	4,41%	4,20%	5,06%	1,72%	1,98%	1,95%	2,30%	1,27%	1,51%	1,92%	3,08%
m2	12	a	n	3,98%	4,04%	4,53%	4,35%	4,11%	5,16%	1,52%	1,81%	1,65%	2,00%	1,09%	1,21%	1,68%	2,86%
m2	12	n	n	4,32%	4,46%	4,88%	4,41%	4,22%	5,06%	1,71%	1,99%	1,94%	2,31%	1,25%	1,51%	1,93%	3,08%
m2	36	a	a	3,97%	4,10%	4,36%	4,21%	4,09%	5,06%	1,56%	1,93%	1,66%	1,97%	1,13%	1,31%	1,65%	2,85%
m2	36	n	a	4,43%	4,58%	4,82%	4,35%	4,19%	5,01%	1,86%	2,18%	2,01%	2,37%	1,37%	1,58%	1,99%	3,13%
m2	36	a	n	3,98%	4,09%	4,37%	4,23%	4,08%	5,08%	1,55%	1,92%	1,67%	1,97%	1,12%	1,30%	1,64%	2,85%
m2	36	n	n	4,42%	4,57%	4,83%	4,34%	4,21%	4,99%	1,86%	2,18%	2,01%	2,37%	1,38%	1,59%	1,99%	3,13%
průměr				4,10%	4,26%	4,60%	4,47%	4,41%	5,27%	1,60%	1,91%	1,85%	2,15%	1,18%	1,45%	1,82%	3,01%
<i>Nulová metoda</i>				6,39%	6,50%	6,55%	5,87%	5,93%	5,89%	4,24%	4,20%	4,22%	4,25%	2,95%	2,90%	2,92%	4,83%



Graf 1: Poměr k průměru z porovnávaných variant



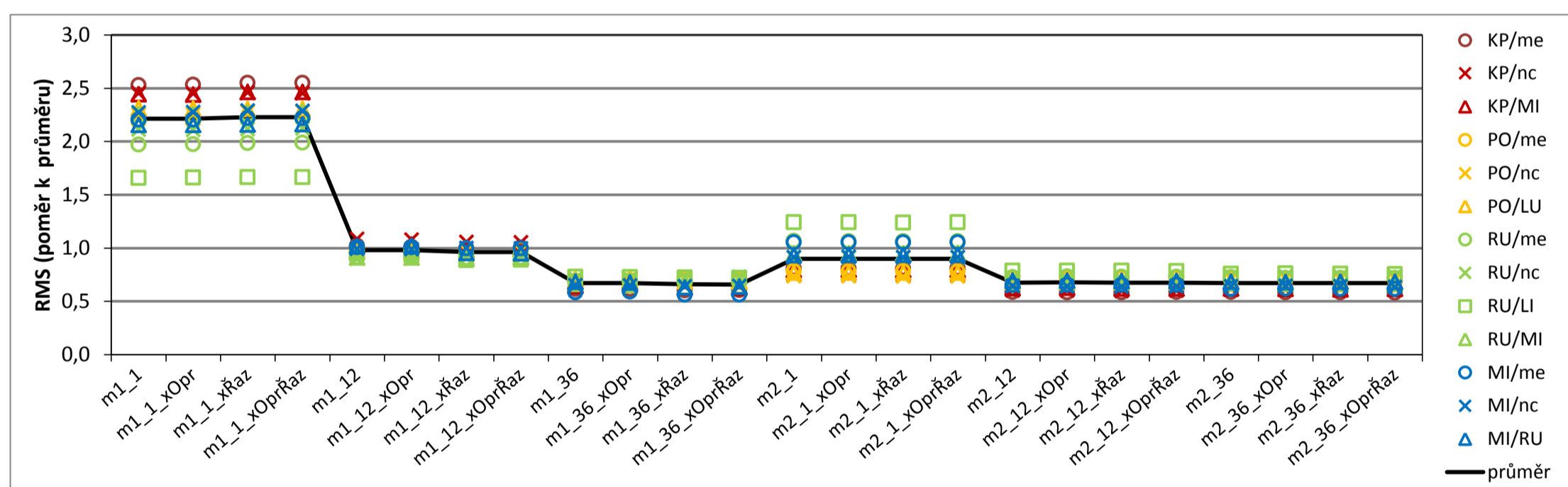
Graf 2: Poměr k výsledku pro standardní metodu m1_36

Příloha 3 Porovnání výsledků pro různé varianty výpočetního postupu

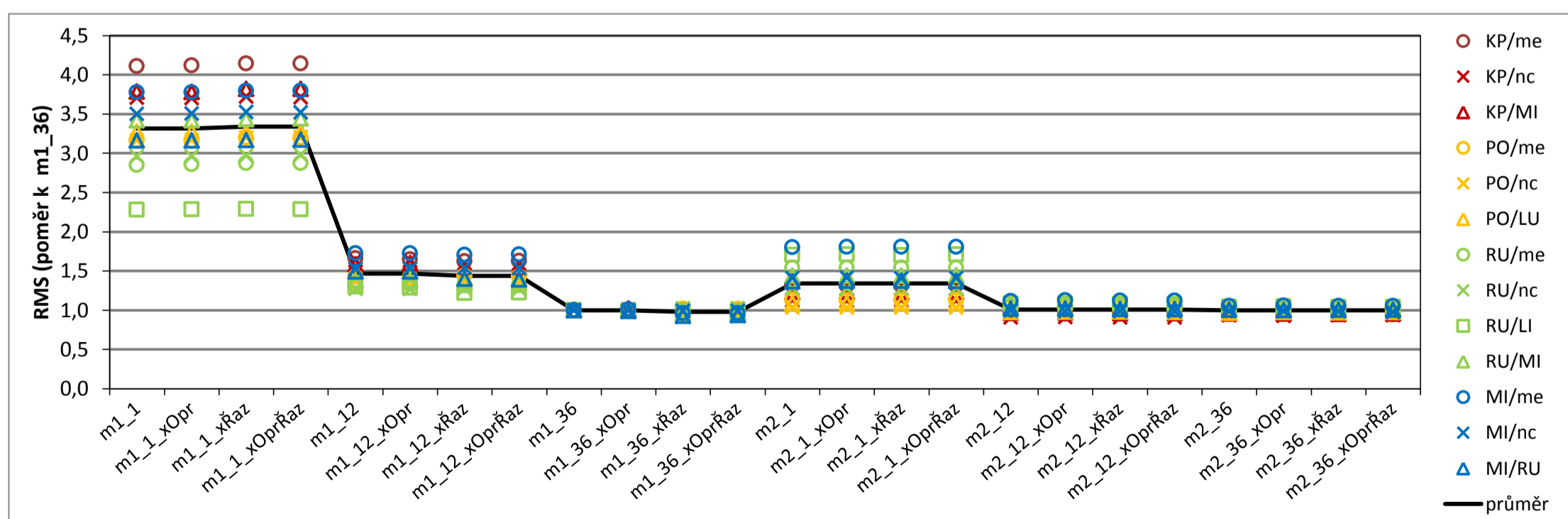
kritérium: **h4** - chyba simulace větrné růžice, součet rozdílů sektorových četností (%)

ukazatel: **RMS** - střední kvadratická hodnota

m.	DD	Opr	Řaz	KP/me	KP/nc	KP/MI	PO/me	PO/nc	PO/LU	RU/me	RU/nc	RU/LI	RU/MI	MI/me	MI/nc	MI/RU	průměr
m1	1	a	a	34,7%	36,7%	34,0%	43,2%	47,1%	47,5%	24,9%	31,0%	19,2%	31,8%	33,4%	39,4%	37,2%	35,4%
m1	1	n	a	34,8%	36,6%	34,0%	43,1%	47,1%	47,5%	24,9%	30,9%	19,2%	31,8%	33,4%	39,4%	37,1%	35,4%
m1	1	a	n	35,0%	36,8%	34,3%	43,7%	47,6%	47,4%	25,1%	31,0%	19,2%	32,0%	33,5%	39,7%	37,2%	35,6%
m1	1	n	n	35,0%	36,7%	34,3%	43,7%	47,7%	47,4%	25,1%	31,1%	19,2%	32,1%	33,6%	39,6%	37,3%	35,6%
m1	12	a	a	14,0%	16,2%	14,2%	19,4%	20,6%	19,9%	11,5%	13,2%	10,9%	12,8%	15,2%	17,2%	17,5%	15,6%
m1	12	n	a	13,9%	16,1%	14,3%	19,3%	20,7%	20,0%	11,6%	13,3%	10,8%	12,9%	15,2%	17,1%	17,5%	15,6%
m1	12	a	n	13,7%	15,8%	13,7%	19,6%	20,4%	19,6%	11,4%	13,3%	10,3%	12,7%	15,1%	17,3%	16,5%	15,3%
m1	12	n	n	13,8%	15,7%	13,8%	19,5%	20,4%	19,6%	11,5%	13,3%	10,3%	12,8%	15,1%	17,3%	16,3%	15,3%
m1	36	a	a	8,5%	9,9%	9,0%	13,7%	14,9%	14,5%	8,7%	10,5%	8,4%	9,3%	8,8%	11,3%	11,8%	10,7%
m1	36	n	a	8,4%	10,0%	9,1%	13,7%	14,9%	14,5%	8,7%	10,4%	8,4%	9,2%	8,9%	11,2%	11,6%	10,7%
m1	36	a	n	8,3%	9,6%	8,8%	13,9%	14,9%	14,1%	8,7%	10,7%	8,3%	8,9%	8,5%	11,1%	10,9%	10,5%
m1	36	n	n	8,3%	9,6%	8,7%	13,9%	14,8%	14,1%	8,6%	10,7%	8,3%	9,0%	8,5%	11,1%	11,0%	10,5%
m2	1	a	a	11,1%	11,1%	11,1%	15,4%	15,4%	15,8%	13,5%	13,3%	14,4%	13,4%	15,9%	15,9%	16,0%	14,0%
m2	1	n	a	11,1%	11,1%	11,1%	15,4%	15,4%	15,8%	13,4%	13,4%	14,4%	13,4%	15,9%	15,9%	16,1%	14,0%
m2	1	a	n	11,1%	11,1%	11,0%	15,4%	15,3%	15,8%	13,4%	13,3%	14,3%	13,4%	15,9%	15,8%	16,1%	14,0%
m2	1	n	n	11,1%	11,1%	11,1%	15,4%	15,3%	15,8%	13,4%	13,4%	14,4%	13,4%	15,9%	15,8%	16,1%	14,0%
m2	12	a	a	8,1%	9,0%	8,7%	14,1%	14,5%	14,2%	9,2%	10,5%	9,1%	9,6%	9,9%	11,2%	11,9%	10,8%
m2	12	n	a	8,0%	9,0%	8,7%	14,1%	14,5%	14,2%	9,2%	10,5%	9,1%	9,6%	9,9%	11,1%	11,9%	10,8%
m2	12	a	n	8,0%	8,9%	8,6%	14,1%	14,6%	14,2%	9,2%	10,4%	9,1%	9,5%	9,9%	11,0%	11,9%	10,7%
m2	12	n	n	8,1%	9,0%	8,6%	14,1%	14,6%	14,1%	9,2%	10,5%	9,1%	9,6%	9,9%	11,1%	11,9%	10,7%
m2	36	a	a	8,0%	9,3%	8,6%	14,0%	14,8%	14,0%	9,2%	10,8%	8,8%	9,4%	9,3%	11,1%	11,8%	10,7%
m2	36	n	a	8,0%	9,1%	8,6%	14,0%	14,9%	14,1%	9,1%	10,8%	8,8%	9,3%	9,3%	11,1%	11,7%	10,7%
m2	36	a	n	8,0%	9,2%	8,5%	14,0%	14,8%	14,1%	9,1%	10,7%	8,7%	9,3%	9,3%	11,1%	11,8%	10,7%
m2	36	n	n	8,0%	9,2%	8,6%	14,0%	14,8%	14,1%	9,1%	10,8%	8,7%	9,3%	9,3%	11,0%	11,8%	10,7%
průměr				13,7%	15,0%	13,9%	19,7%	20,9%	20,6%	12,6%	14,7%	11,6%	14,1%	15,1%	17,3%	17,2%	15,9%
<i>Nulová metoda</i>				12,4%	12,3%	12,3%	16,3%	16,3%	16,2%	15,0%	14,8%	14,9%	15,1%	17,2%	17,1%	17,3%	15,2%



Graf 1: Poměr k průměru z porovnávaných variant



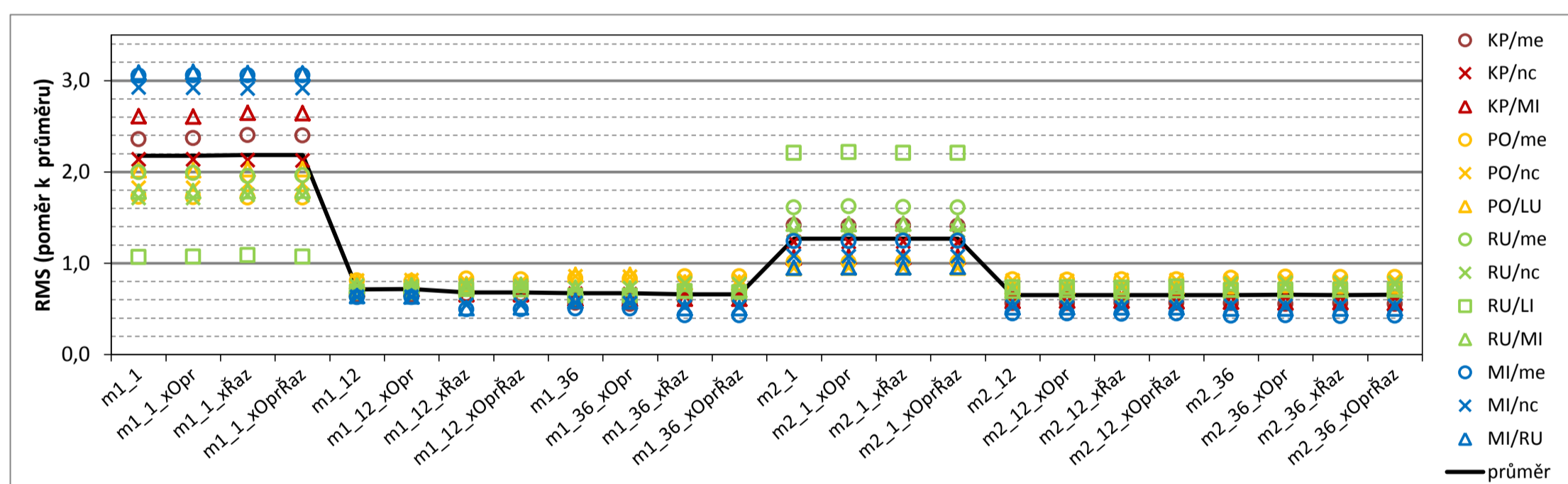
Graf 2: Poměr k výsledku pro standardní metodu m1_36

Příloha 3 Porovnání výsledků pro různé varianty výpočetního postupu

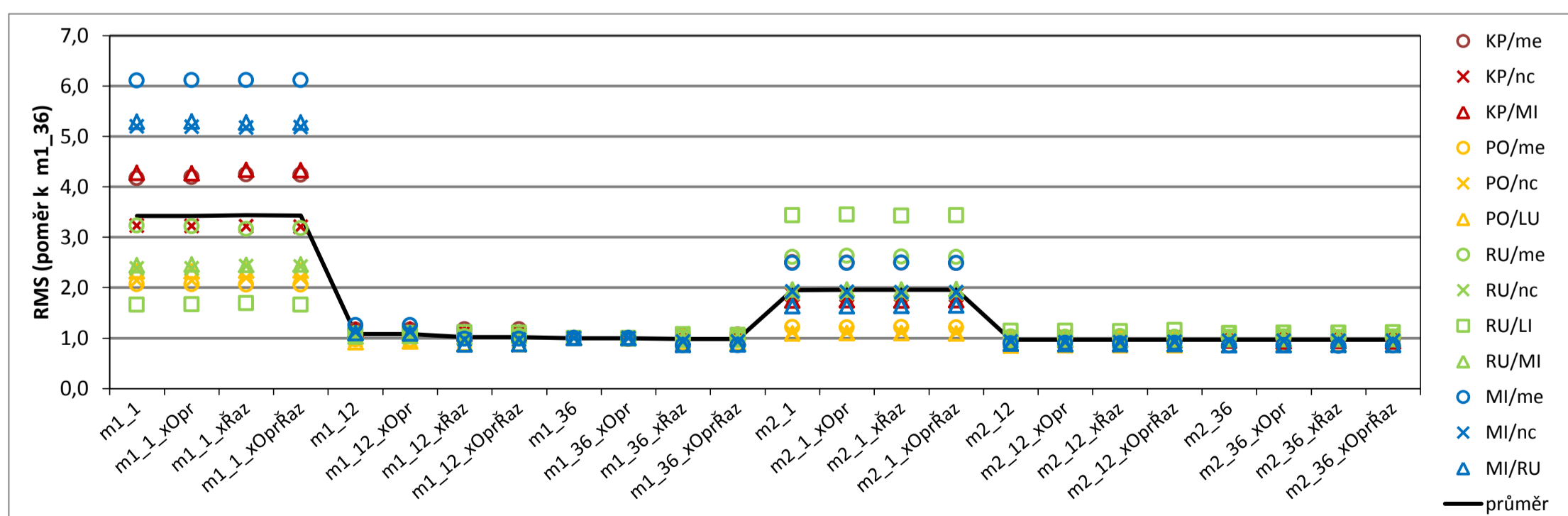
kritérium: h5 - chyba simulace větrné růžice, KSI pro směr větru (°)

ukazatel: RMS - střední kvadratická hodnota

m.	DD	Opr	Řaz	KP/me	KP/nc	KP/MI	PO/me	PO/nc	PO/LU	RU/me	RU/nc	RU/LI	RU/MI	MI/me	MI/nc	MI/RU	průměr
m1	1	a	a	10,41	10,72	14,46	13,43	14,63	16,94	8,75	8,70	3,80	8,04	19,56	20,88	25,70	13,54
m1	1	n	a	10,46	10,70	14,44	13,41	14,64	16,94	8,73	8,69	3,81	8,07	19,59	20,85	25,74	13,54
m1	1	a	n	10,60	10,68	14,66	13,38	15,01	17,05	8,58	8,86	3,86	8,07	19,59	20,79	25,64	13,60
m1	1	n	n	10,58	10,65	14,65	13,38	15,01	17,05	8,61	8,85	3,80	8,08	19,59	20,81	25,63	13,59
m1	12	a	a	2,90	3,76	3,94	6,31	6,50	6,69	2,98	3,82	2,45	3,38	4,01	4,49	5,32	4,35
m1	12	n	a	2,90	3,75	3,96	6,24	6,53	6,79	2,99	3,78	2,49	3,40	4,02	4,49	5,30	4,36
m1	12	a	n	2,91	3,73	3,65	6,46	6,37	6,46	2,81	3,84	2,54	3,37	3,15	3,88	4,22	4,11
m1	12	n	n	2,92	3,73	3,65	6,41	6,38	6,42	2,83	3,82	2,53	3,43	3,15	3,89	4,27	4,11
m1	36	a	a	2,50	3,32	3,39	6,51	6,85	7,31	2,71	3,66	2,29	3,29	3,20	4,02	4,86	4,15
m1	36	n	a	2,43	3,31	3,37	6,48	6,82	7,30	2,70	3,68	2,29	3,26	3,21	3,99	4,84	4,13
m1	36	a	n	2,63	3,37	3,38	6,64	6,55	6,61	2,73	3,96	2,46	3,17	2,74	3,73	4,20	4,01
m1	36	n	n	2,65	3,37	3,39	6,67	6,56	6,59	2,73	3,93	2,42	3,19	2,73	3,72	4,23	4,01
m2	1	a	a	6,25	6,17	5,89	7,89	7,60	7,94	7,07	6,88	7,85	6,45	7,96	7,70	7,92	7,20
m2	1	n	a	6,22	6,17	5,93	7,86	7,62	7,98	7,13	6,89	7,89	6,44	7,96	7,68	7,93	7,21
m2	1	a	n	6,22	6,19	5,90	7,91	7,59	8,01	7,08	6,86	7,85	6,45	7,98	7,67	7,95	7,20
m2	1	n	n	6,21	6,15	5,92	7,87	7,60	7,97	7,07	6,89	7,85	6,47	7,96	7,66	7,97	7,20
m2	12	a	a	2,47	3,35	3,25	6,41	6,49	6,20	2,80	3,69	2,61	3,15	2,86	3,73	4,28	3,95
m2	12	n	a	2,48	3,41	3,26	6,37	6,44	6,23	2,77	3,70	2,61	3,18	2,88	3,68	4,27	3,95
m2	12	a	n	2,49	3,32	3,27	6,39	6,53	6,23	2,80	3,70	2,59	3,14	2,85	3,68	4,27	3,94
m2	12	n	n	2,49	3,38	3,23	6,40	6,53	6,22	2,77	3,68	2,65	3,16	2,87	3,69	4,27	3,95
m2	36	a	a	2,48	3,33	3,20	6,54	6,52	6,28	2,77	3,95	2,50	3,21	2,70	3,81	4,17	3,96
m2	36	n	a	2,43	3,35	3,14	6,62	6,54	6,37	2,78	3,99	2,53	3,21	2,73	3,79	4,16	3,97
m2	36	a	n	2,48	3,34	3,16	6,61	6,50	6,33	2,74	3,98	2,53	3,20	2,70	3,80	4,18	3,97
m2	36	n	n	2,44	3,34	3,14	6,61	6,53	6,32	2,79	3,97	2,54	3,20	2,70	3,80	4,18	3,97
průměr				4,42	5,01	5,54	7,79	8,03	8,40	4,39	5,08	3,56	4,51	6,41	7,14	8,33	6,05
Nulová metoda				7,80	7,77	7,66	8,20	8,35	8,24	8,22	8,19	8,23	8,02	8,88	8,83	8,90	8,25



Graf 1: Poměr k průměru z porovnávaných variant



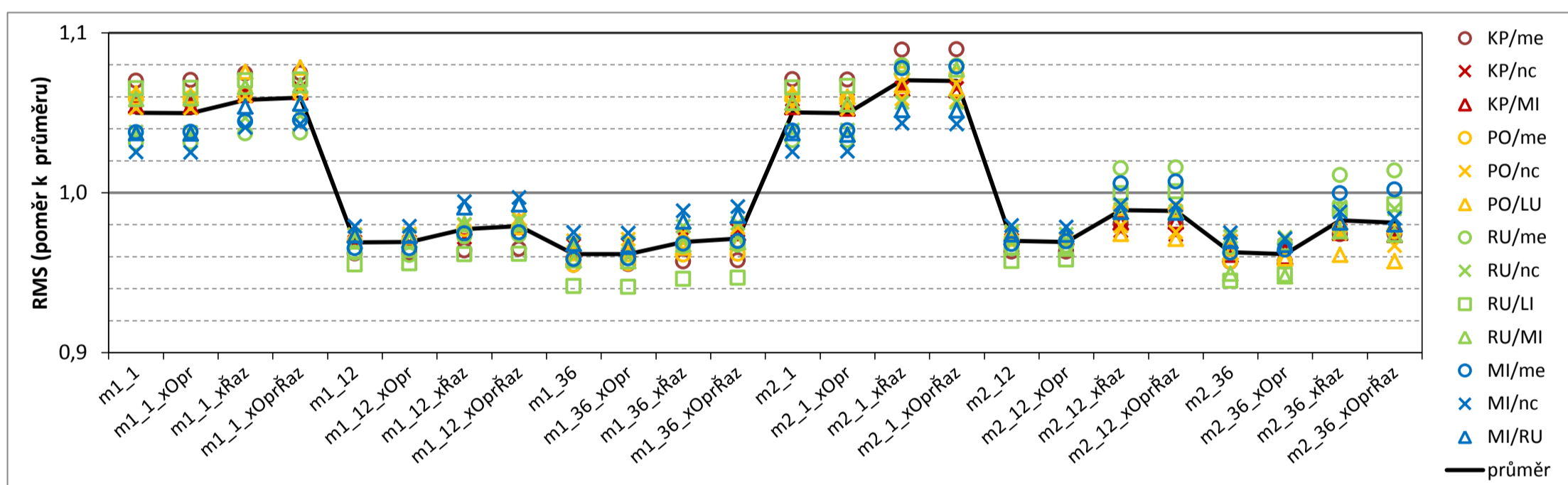
Graf 2: Poměr k výsledku pro standardní metodu m1_36

Příloha 3 Porovnání výsledků pro různé varianty výpočetního postupu

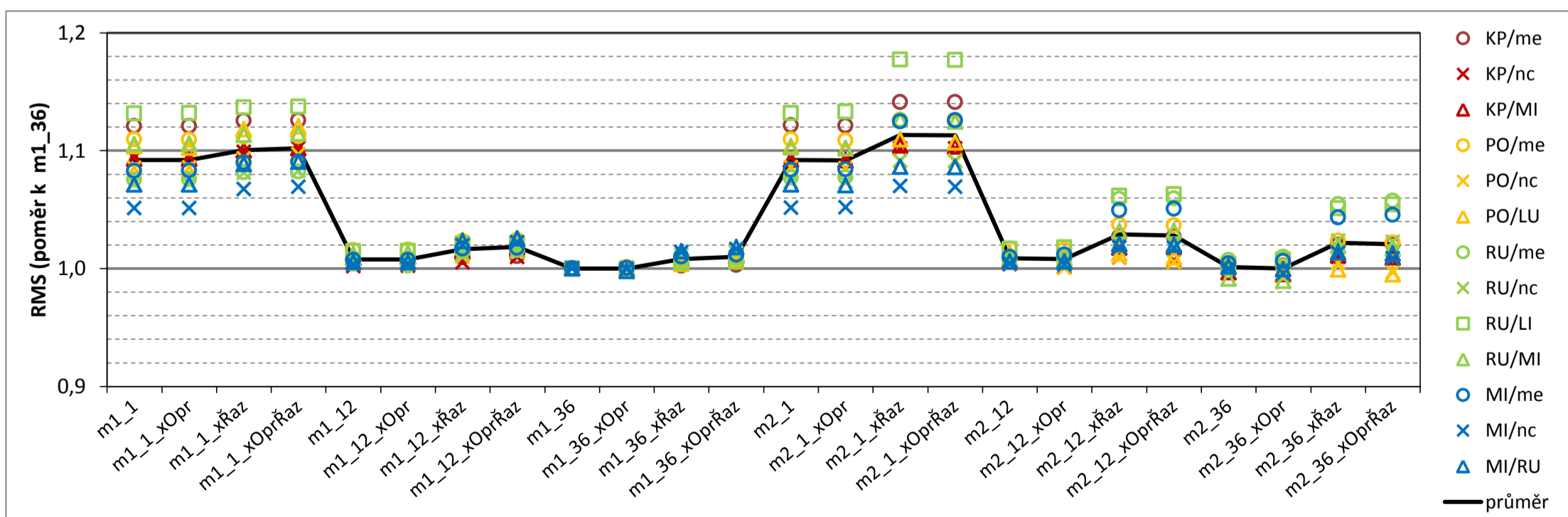
kritérium: h6 - střední kvadratická chyba simulace termínových rychlostí větru (% skutečné rychlosti větru na cílové řadě)

ukazatel: RMS - střední kvadratická hodnota

m.	DD	Opr	Řaz	KP/me	KP/nc	KP/MI	PO/me	PO/nc	PO/LU	RU/me	RU/nc	RU/LI	RU/MI	MI/me	MI/nc	MI/RU	průměr
m1	1	a	a	100,5%	107,0%	112,0%	82,6%	89,3%	96,2%	53,6%	64,2%	50,0%	69,7%	45,4%	49,5%	55,7%	75,1%
m1	1	n	a	100,5%	107,0%	112,0%	82,6%	89,3%	96,0%	53,6%	64,2%	50,0%	69,7%	45,4%	49,5%	55,7%	75,0%
m1	1	a	n	100,9%	107,4%	112,7%	82,8%	89,9%	97,4%	53,9%	64,7%	50,2%	70,2%	45,7%	50,3%	56,6%	75,6%
m1	1	n	n	100,9%	107,7%	112,9%	82,8%	90,2%	97,6%	53,9%	64,8%	50,3%	70,2%	45,7%	50,4%	56,7%	75,7%
m1	12	a	a	90,3%	98,0%	103,4%	75,6%	82,6%	88,2%	50,0%	60,2%	44,8%	63,8%	42,2%	47,3%	52,3%	69,1%
m1	12	n	a	90,4%	98,0%	103,5%	75,6%	82,6%	88,1%	49,9%	60,2%	44,9%	63,9%	42,2%	47,3%	52,3%	69,1%
m1	12	a	n	90,5%	98,3%	103,9%	76,2%	83,1%	88,8%	50,5%	60,6%	45,1%	64,5%	42,6%	48,0%	53,2%	69,7%
m1	12	n	n	90,6%	98,7%	104,3%	76,3%	83,4%	88,9%	50,6%	60,7%	45,2%	64,6%	42,7%	48,2%	53,4%	69,8%
m1	36	a	a	89,7%	97,8%	102,5%	74,5%	82,3%	87,1%	49,8%	59,9%	44,2%	63,0%	41,9%	47,1%	52,0%	68,6%
m1	36	n	a	89,7%	97,8%	102,5%	74,5%	82,3%	87,1%	49,8%	59,9%	44,2%	63,0%	42,0%	47,1%	51,9%	68,6%
m1	36	a	n	89,9%	98,3%	103,3%	75,0%	82,7%	87,5%	50,2%	60,5%	44,4%	63,7%	42,4%	47,8%	52,8%	69,1%
m1	36	n	n	89,9%	98,7%	103,6%	75,0%	83,0%	87,7%	50,3%	60,7%	44,5%	63,8%	42,4%	47,9%	53,0%	69,3%
m2	1	a	a	100,5%	107,0%	111,9%	82,6%	89,3%	96,2%	53,6%	64,2%	50,0%	69,5%	45,4%	49,6%	55,7%	75,1%
m2	1	n	a	100,5%	106,9%	111,9%	82,5%	89,3%	96,0%	53,7%	64,3%	50,1%	69,5%	45,5%	49,6%	55,7%	75,0%
m2	1	a	n	102,3%	107,7%	113,2%	83,8%	89,8%	96,7%	56,1%	65,3%	52,0%	71,0%	47,2%	50,4%	56,5%	76,3%
m2	1	n	n	102,3%	107,7%	113,1%	83,7%	89,7%	96,4%	56,1%	65,3%	52,0%	70,9%	47,2%	50,4%	56,5%	76,3%
m2	12	a	a	90,4%	98,1%	103,3%	75,7%	82,6%	88,3%	50,2%	60,3%	44,9%	63,6%	42,3%	47,3%	52,3%	69,2%
m2	12	n	a	90,4%	97,9%	103,3%	75,6%	82,3%	88,0%	50,2%	60,2%	45,0%	63,5%	42,4%	47,3%	52,3%	69,1%
m2	12	a	n	92,1%	98,7%	104,3%	77,2%	83,1%	88,2%	52,7%	61,2%	46,9%	65,0%	44,0%	48,0%	53,1%	70,3%
m2	12	n	n	92,1%	98,4%	104,3%	77,2%	82,7%	87,9%	52,8%	61,1%	47,0%	65,1%	44,1%	47,9%	53,1%	70,3%
m2	36	a	a	89,8%	98,0%	102,1%	74,6%	82,2%	87,2%	50,2%	60,1%	44,4%	62,5%	42,1%	47,1%	52,1%	68,7%
m2	36	n	a	89,9%	97,7%	102,0%	74,6%	81,6%	86,8%	50,3%	60,1%	44,5%	62,4%	42,2%	46,9%	52,0%	68,5%
m2	36	a	n	91,4%	98,7%	103,6%	76,2%	82,6%	87,0%	52,5%	61,3%	46,5%	64,2%	43,7%	47,7%	52,7%	69,9%
m2	36	n	n	91,5%	98,4%	103,4%	76,1%	82,0%	86,7%	52,7%	61,2%	46,6%	64,1%	43,8%	47,5%	52,7%	69,8%
průměr				93,9%	101,1%	106,3%	78,0%	84,8%	90,6%	52,0%	61,8%	47,0%	65,8%	43,8%	48,3%	53,7%	71,3%
<i>Nulová metoda</i>				124,8%	124,6%	125,4%	102,3%	102,3%	102,2%	88,2%	88,2%	88,4%	88,2%	69,5%	69,5%	69,5%	95,6%



Graf 1: Poměr k průměru z porovnávaných variant



Graf 2: Poměr k výsledku pro standardní metodu m1_36

Příloha 4: Porovnání variant základního členění kategorií

vysvětlivky

sloupce

	cílová řada	referenční řada
KP/me	Kopisty	MERRA, modelový vítr ve výšce 10 m nad zemí
KP/nc	Kopisty	NCEP/NCAR, geostrofický vítr na hladině 925 hPa
KP/MI	Kopisty	Milešovka
PO/me	Ostrava-Poruba	MERRA, modelový vítr ve výšce 10 m nad zemí
PO/nc	Ostrava-Poruba	NCEP/NCAR, geostrofický vítr na hladině 925 hPa
PO/LU	Ostrava-Poruba	Luká
RU/me	Praha-Ruzyně	MERRA, modelový vítr ve výšce 10 m nad zemí
RU/nc	Praha-Ruzyně	NCEP/NCAR, geostrofický vítr na hladině 925 hPa
RU/LI	Praha-Ruzyně	Praha-Libuš
RU/MI	Praha-Ruzyně	Milešovka
MI/me	Milešovka	MERRA, modelový vítr ve výšce 10 m nad zemí
MI/nc	Milešovka	NCEP/NCAR, geostrofický vítr na hladině 925 hPa
MI/RU	Milešovka	Praha-Ruzyně

m. typ metody

DD počet uvažovaných sektorů směrů větru

spc odlišnost od standardní metody

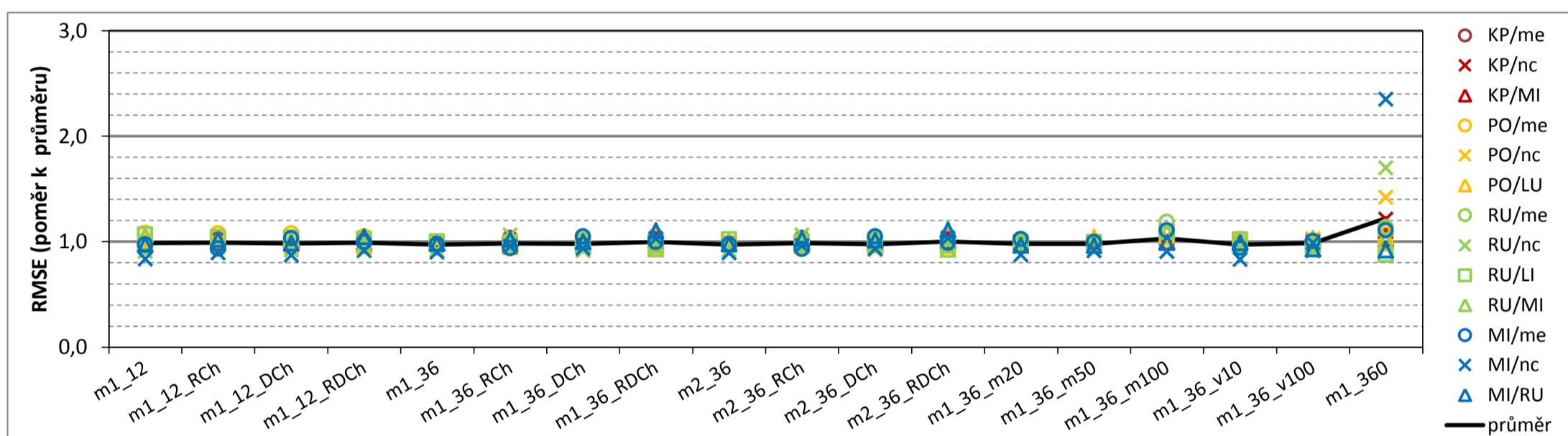
řádky

m.	DD	spc	zkráceně	název metody
m1	12		m1_12	Metoda 1
m1	12	RCh	m1_12_RCh	Metoda 1, členění podle sezóny
m1	12	DCh	m1_12_DCh	Metoda 1, členění podle denní doby
m1	12	RDCh	m1_12_RDCh	Metoda 1, členění podle denní doby a sezóny
m1	36		m1_36	Metoda 1
m1	36	RCh	m1_36_RCh	Metoda 1, členění podle sezóny
m1	36	DCh	m1_36_DCh	Metoda 1, členění podle denní doby
m1	36	RDCh	m1_36_RDCh	Metoda 1, členění podle denní doby a sezóny
m2	36		m2_36	Metoda 2
m2	36	RCh	m2_36_RCh	Metoda 2, členění podle sezóny
m2	36	DCh	m2_36_DCh	Metoda 2, členění podle denní doby
m2	36	RDCh	m2_36_RDCh	Metoda 2, členění podle denní doby a sezóny
m1	36	m20	m1_36_m20	Metoda 1, hranice nejnižší rychlostní kategorie je 20 % průměrné rychlosti větru
m1	36	m50	m1_36_m50	Metoda 1, hranice nejnižší rychlostní kategorie je 50 % průměrné rychlosti větru
m1	36	m100	m1_36_m100	Metoda 1, hranice nejnižší rychlostní kategorie je 100 % průměrné rychlosti větru
m1	36	v10	m1_36_v10	Metoda 1, velikost rychlostních kategorií je 10 % rychlosti větru na jejich dolní hranici
m1	36	v100	m1_36_v100	Metoda 1, velikost rychlostních kategorií je 100 % rychlosti větru na jejich dolní hranici
m1	360		m1_360	Metoda 1, je uvažováno členění na 360 směrů větru
<i>Nulová metoda</i>				Nulová metoda

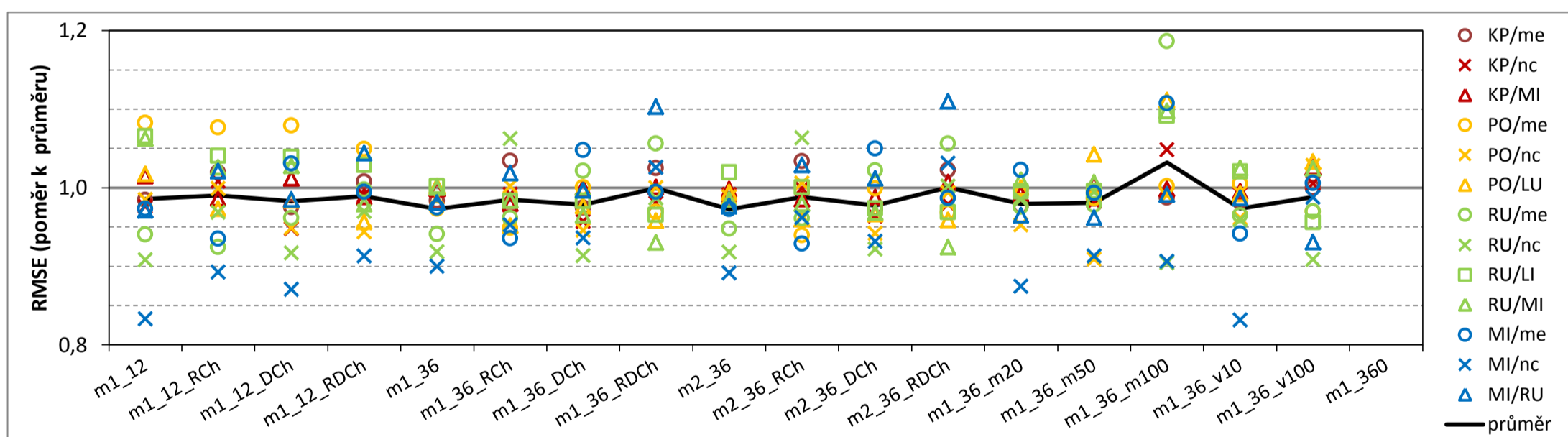
Příloha 4: Porovnání variant základního členění kategorií

kritérium: h1 - chyba simulace průměrné rychlosti větru (% skutečné rychlosti větru na cílové řadě)
 ukazatel: RMSE - střední kvadratická chyba

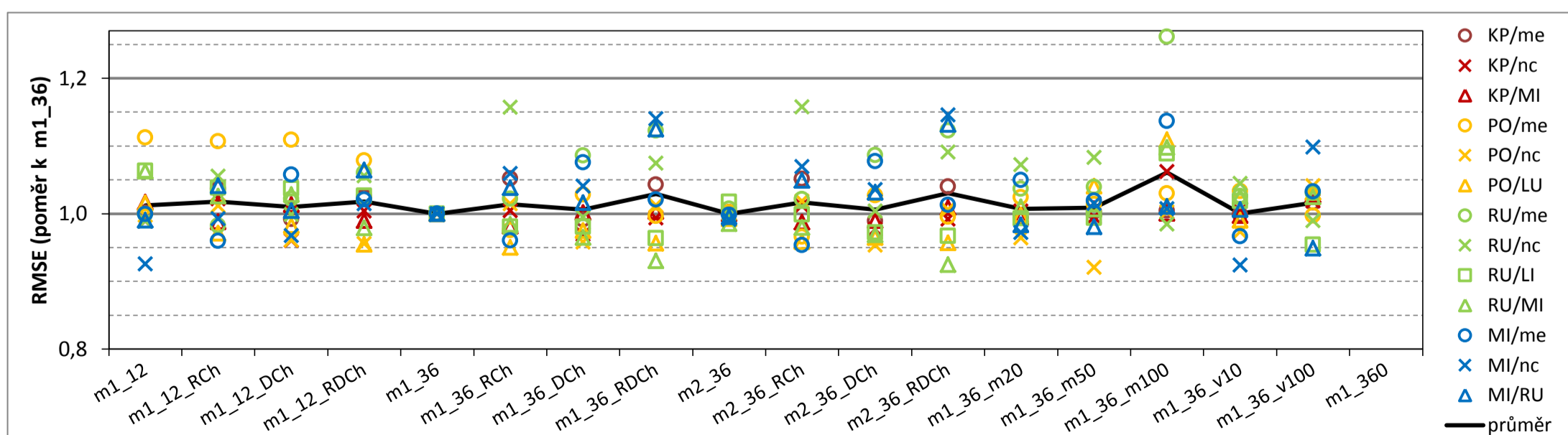
m.	DD	spc	KP/me	KP/nc	KP/MI	PO/me	PO/nc	PO/LU	RU/me	RU/nc	RU/LI	RU/MI	MI/me	MI/nc	MI/RU	průměr
m1	12		5,40%	5,34%	5,93%	3,87%	4,44%	5,30%	1,20%	1,57%	1,27%	2,31%	1,42%	1,58%	1,96%	3,20%
m1	12	RCh	5,59%	5,52%	5,76%	3,85%	4,50%	5,07%	1,18%	1,67%	1,24%	2,23%	1,37%	1,69%	2,06%	3,21%
m1	12	DCh	5,35%	5,19%	5,91%	3,86%	4,28%	5,12%	1,22%	1,58%	1,24%	2,23%	1,51%	1,65%	1,98%	3,16%
m1	12	RDCh	5,53%	5,42%	5,77%	3,75%	4,26%	4,98%	1,27%	1,67%	1,23%	2,13%	1,46%	1,73%	2,10%	3,18%
m1	36		5,40%	5,40%	5,83%	3,48%	4,45%	5,22%	1,20%	1,58%	1,20%	2,17%	1,43%	1,71%	1,98%	3,16%
m1	36	RCh	5,67%	5,43%	5,72%	3,39%	4,52%	4,95%	1,22%	1,83%	1,17%	2,14%	1,37%	1,81%	2,05%	3,18%
m1	36	DCh	5,35%	5,24%	5,84%	3,58%	4,26%	5,08%	1,30%	1,58%	1,17%	2,10%	1,53%	1,78%	2,01%	3,14%
m1	36	RDCh	5,62%	5,37%	5,85%	3,47%	4,51%	4,99%	1,34%	1,70%	1,15%	2,02%	1,46%	1,95%	2,22%	3,20%
m2	36		5,41%	5,43%	5,83%	3,49%	4,46%	5,18%	1,21%	1,58%	1,22%	2,14%	1,42%	1,69%	1,97%	3,15%
m2	36	RCh	5,67%	5,47%	5,76%	3,36%	4,54%	5,00%	1,22%	1,83%	1,19%	2,13%	1,36%	1,82%	2,07%	3,19%
m2	36	DCh	5,34%	5,27%	5,77%	3,57%	4,25%	5,03%	1,30%	1,59%	1,16%	2,10%	1,54%	1,77%	2,04%	3,13%
m2	36	RDCh	5,61%	5,36%	5,88%	3,46%	4,48%	4,99%	1,34%	1,73%	1,16%	2,01%	1,44%	1,96%	2,23%	3,20%
m1	36	m20	5,36%	5,42%	5,80%	3,56%	4,29%	5,21%	1,24%	1,70%	1,19%	2,20%	1,50%	1,66%	1,94%	3,16%
m1	36	m50	5,41%	5,37%	5,87%	3,53%	4,10%	5,43%	1,24%	1,72%	1,19%	2,19%	1,45%	1,73%	1,94%	3,17%
m1	36	m100	5,42%	5,74%	5,83%	3,58%	4,46%	5,79%	1,51%	1,56%	1,30%	2,39%	1,62%	1,72%	2,00%	3,30%
m1	36	v10	5,39%	5,43%	5,82%	3,59%	4,33%	5,17%	1,23%	1,66%	1,22%	2,23%	1,38%	1,58%	1,99%	3,15%
m1	36	v100	5,48%	5,50%	6,00%	3,47%	4,64%	5,38%	1,23%	1,57%	1,14%	2,23%	1,47%	1,87%	1,87%	3,22%
m1	360		5,77%	6,63%	6,00%	3,51%	6,40%	5,85%	1,45%	2,93%	1,04%	2,19%	1,62%	4,46%	1,85%	3,82%
průměr			5,49%	5,47%	5,84%	3,58%	4,51%	5,21%	1,27%	1,73%	1,19%	2,17%	1,46%	1,90%	2,01%	3,22%
Nulová m.			7,87%	7,86%	7,84%	5,73%	5,74%	5,82%	6,33%	6,22%	6,27%	6,39%	5,21%	5,20%	5,27%	6,29%



Graf 1: Poměr k průměru z porovnávaných variant



Graf 2: stejné jako Graf 1, není zobrazena m1_360

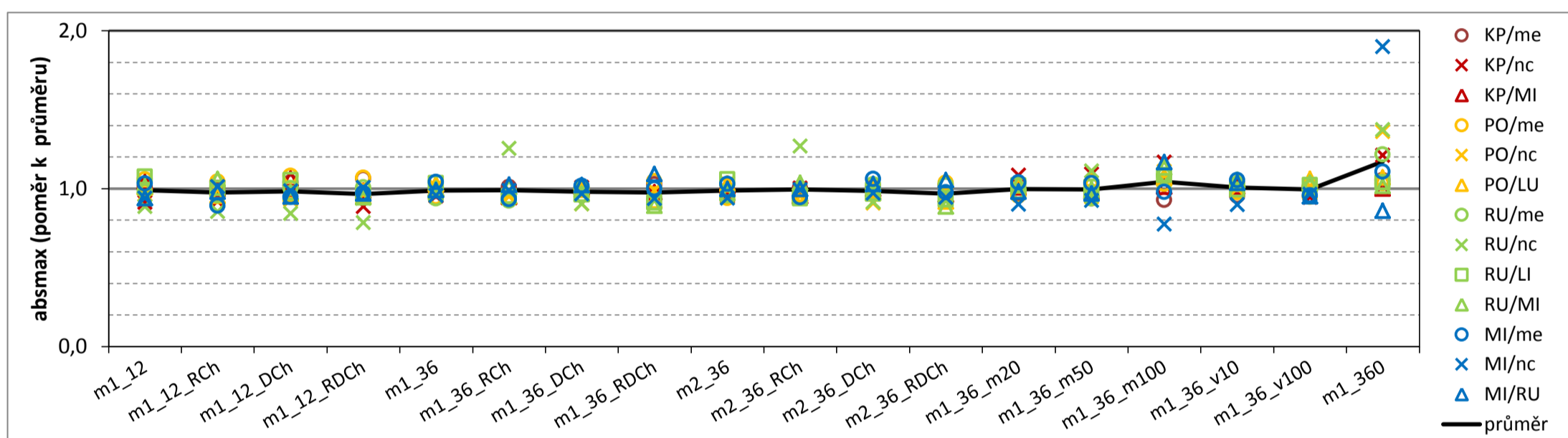


Graf 3: Poměr k výsledku pro standardní metodu m1_36 (není zobrazena m1_360)

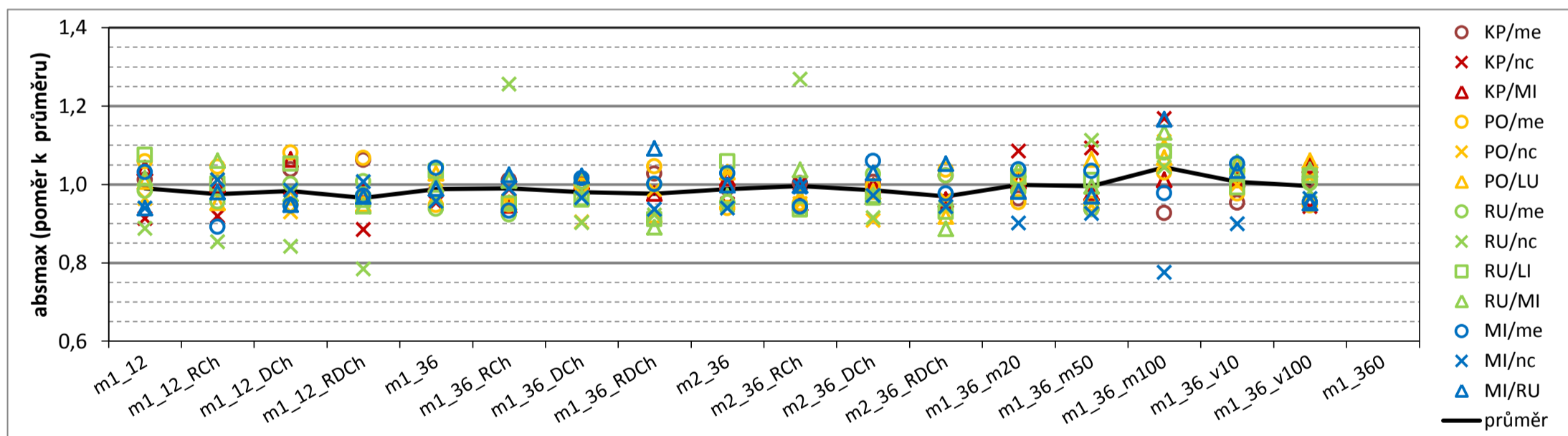
Příloha 4: Porovnání variant základního členění kategorií

kritérium: h1 - chyba simulace průměrné rychlosti větru (% skutečné rychlosti větru na cílové řadě)
 ukazatel: absmax - nejvyšší absolutní hodnota chyby

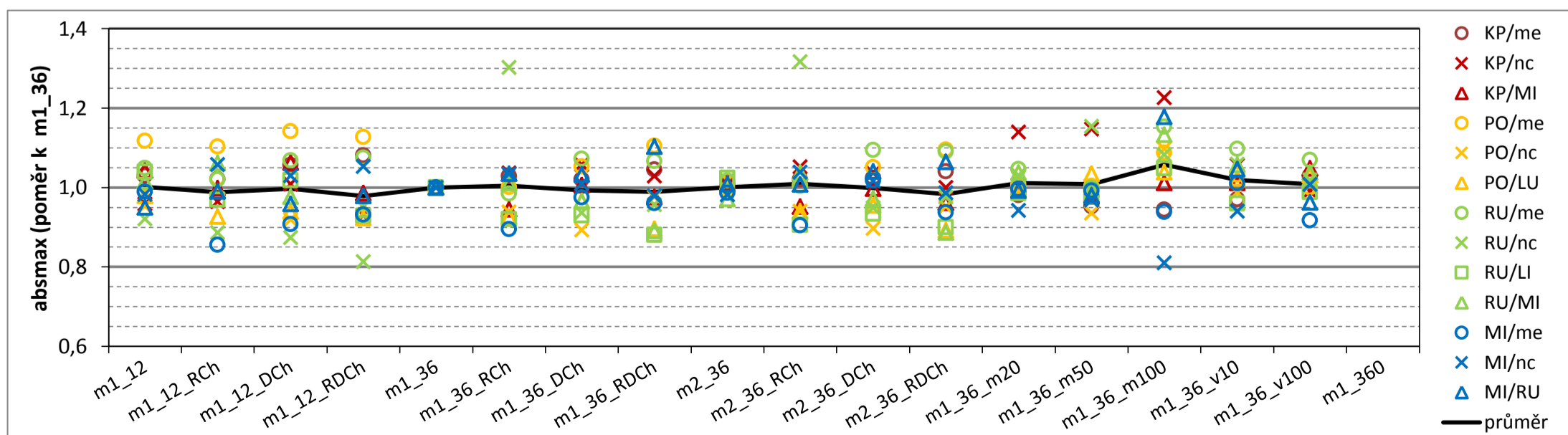
m.	DD	spc	KP/me	KP/nc	KP/MI	PO/me	PO/nc	PO/LU	RU/me	RU/nc	RU/LI	RU/MI	MI/me	MI/nc	MI/RU	průměr
m1	12		11,70%	9,71%	14,87%	8,39%	10,39%	10,06%	3,03%	4,27%	2,98%	6,04%	3,38%	4,34%	4,64%	7,22%
m1	12	RCh	11,61%	9,78%	14,25%	8,28%	10,90%	9,52%	2,95%	4,11%	2,77%	6,31%	2,92%	4,67%	4,84%	7,15%
m1	12	DCh	12,01%	10,22%	15,17%	8,56%	10,02%	9,66%	3,09%	4,06%	2,91%	5,81%	3,10%	4,55%	4,69%	7,22%
m1	12	RDCh	12,28%	9,42%	14,07%	8,46%	10,36%	9,48%	3,11%	3,78%	2,66%	5,62%	3,18%	4,65%	4,79%	7,07%
m1	36		11,37%	10,14%	14,28%	7,51%	10,91%	10,28%	2,89%	4,64%	2,86%	5,95%	3,42%	4,42%	4,89%	7,20%
m1	36	RCh	11,69%	10,50%	13,49%	7,51%	10,23%	9,52%	2,85%	6,05%	2,63%	6,01%	3,06%	4,57%	5,06%	7,17%
m1	36	DCh	11,59%	10,72%	14,36%	7,90%	9,74%	9,92%	3,10%	4,35%	2,66%	5,75%	3,33%	4,46%	5,05%	7,15%
m1	36	RDCh	11,88%	10,43%	13,93%	8,29%	10,63%	9,21%	3,09%	4,44%	2,52%	5,30%	3,28%	4,32%	5,39%	7,13%
m2	36		11,45%	10,11%	14,49%	7,44%	11,10%	10,31%	2,94%	4,55%	2,93%	5,78%	3,37%	4,34%	4,93%	7,21%
m2	36	RCh	11,60%	10,66%	13,58%	7,55%	10,25%	9,66%	2,90%	6,11%	2,59%	6,18%	3,09%	4,59%	4,93%	7,21%
m2	36	DCh	11,64%	10,50%	14,23%	7,89%	9,78%	9,81%	3,17%	4,41%	2,67%	5,78%	3,47%	4,49%	5,09%	7,15%
m2	36	RDCh	11,83%	10,13%	13,72%	8,22%	10,37%	9,17%	3,15%	4,53%	2,58%	5,28%	3,20%	4,35%	5,20%	7,06%
m1	36	m20	11,15%	11,55%	14,37%	7,56%	10,78%	10,19%	3,03%	4,79%	2,82%	6,17%	3,40%	4,16%	4,85%	7,29%
m1	36	m50	10,83%	11,62%	13,96%	7,53%	10,20%	10,63%	2,89%	5,36%	2,80%	5,92%	3,39%	4,28%	4,79%	7,25%
m1	36	m100	10,72%	12,42%	14,43%	8,16%	11,96%	10,67%	3,34%	5,03%	3,00%	6,74%	3,21%	3,58%	5,76%	7,62%
m1	36	v10	11,02%	10,70%	14,44%	7,74%	10,77%	10,51%	3,17%	4,92%	2,75%	6,29%	3,45%	4,15%	5,12%	7,31%
m1	36	v100	11,70%	10,04%	14,96%	7,50%	10,97%	10,59%	3,09%	4,73%	2,83%	6,17%	3,13%	4,45%	4,71%	7,30%
m1	360		12,19%	12,89%	14,26%	8,19%	14,67%	10,70%	3,75%	6,62%	2,88%	6,06%	3,63%	8,77%	4,24%	8,37%
průměr			11,57%	10,64%	14,27%	7,93%	10,78%	9,99%	3,09%	4,82%	2,77%	5,95%	3,28%	4,62%	4,94%	7,28%
Nulová m.			18,46%	18,86%	18,99%	11,01%	11,10%	11,85%	12,79%	12,37%	12,36%	12,52%	12,93%	13,21%	13,30%	13,83%



Graf 1: Poměr k průměru z porovnávaných variant



Graf 2: stejné jako Graf 1, není zobrazena m1_360

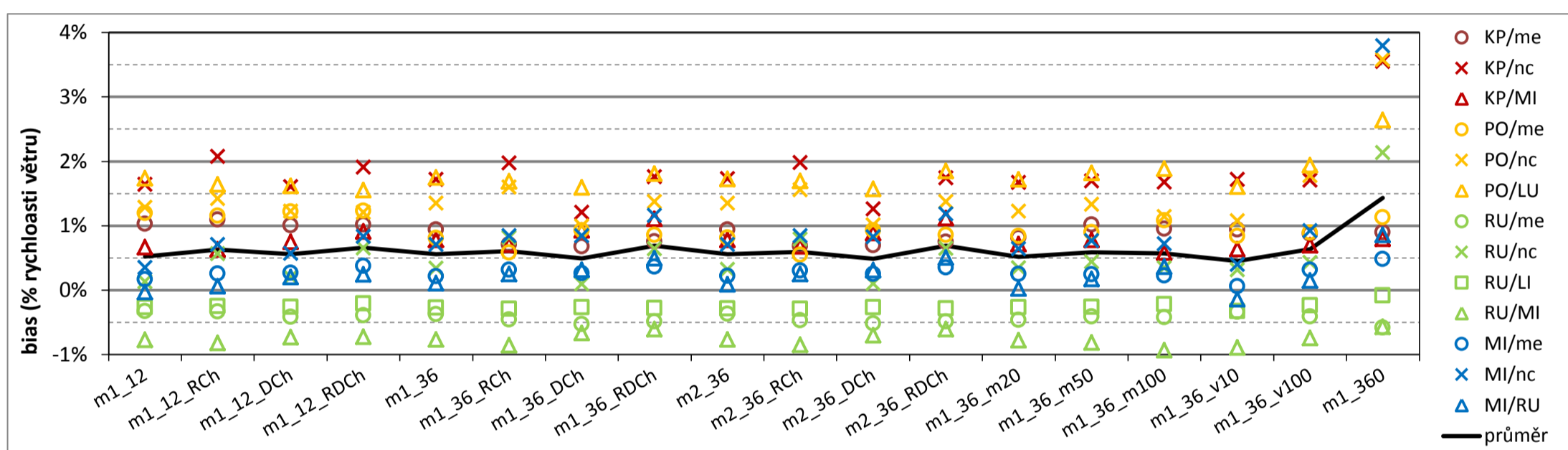


Graf 3: Poměr k výsledku pro standardní metodu m1_36 (není zobrazena m1_360)

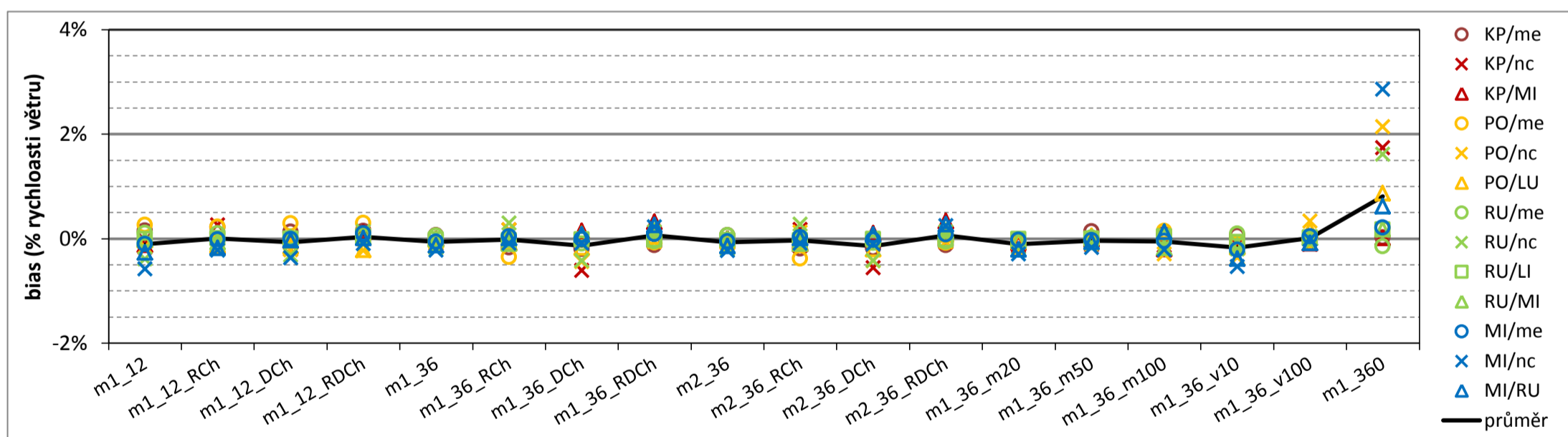
Příloha 4: Porovnání variant základního členění kategorií

kritérium: h1 - chyba simulace průměrné rychlosti větru (% skutečné rychlosti větru na cílové řadě)
 ukazatel: bias - systematická chyba

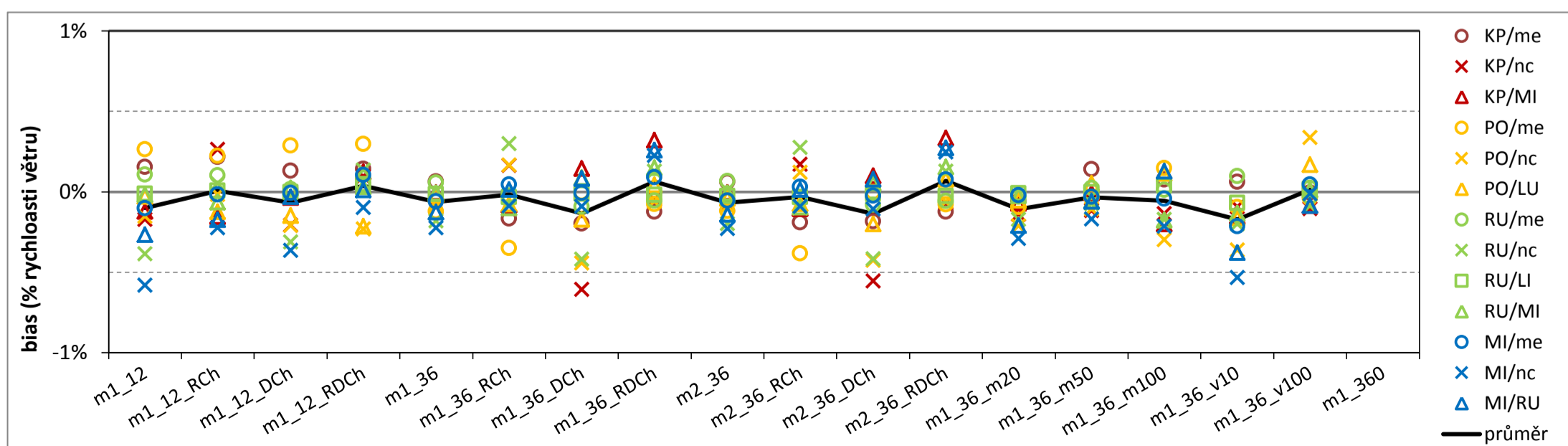
m.	DD	spc	KP/me	KP/nc	KP/MI	PO/me	PO/nc	PO/LU	RU/me	RU/nc	RU/LI	RU/MI	MI/me	MI/nc	MI/RU	průměr
m1	12		1,03%	1,64%	0,66%	1,19%	1,28%	1,74%	-0,33%	0,13%	-0,27%	-0,78%	0,17%	0,35%	-0,03%	0,52%
m1	12	RCh	1,09%	2,08%	0,63%	1,15%	1,42%	1,64%	-0,33%	0,57%	-0,25%	-0,82%	0,25%	0,71%	0,06%	0,63%
m1	12	DCh	1,00%	1,60%	0,75%	1,22%	1,22%	1,62%	-0,42%	0,20%	-0,26%	-0,74%	0,26%	0,57%	0,20%	0,56%
m1	12	RDCh	1,02%	1,91%	0,91%	1,23%	1,20%	1,55%	-0,39%	0,65%	-0,21%	-0,73%	0,37%	0,83%	0,24%	0,66%
m1	36		0,94%	1,72%	0,78%	0,81%	1,35%	1,75%	-0,38%	0,33%	-0,27%	-0,77%	0,21%	0,71%	0,10%	0,56%
m1	36	RCh	0,71%	1,97%	0,70%	0,58%	1,60%	1,69%	-0,46%	0,81%	-0,29%	-0,86%	0,31%	0,84%	0,25%	0,60%
m1	36	DCh	0,68%	1,20%	0,93%	0,93%	0,99%	1,60%	-0,53%	0,09%	-0,27%	-0,67%	0,26%	0,84%	0,31%	0,49%
m1	36	RDCh	0,75%	1,76%	1,10%	0,85%	1,37%	1,81%	-0,49%	0,64%	-0,28%	-0,61%	0,36%	1,16%	0,49%	0,69%
m2	36		0,94%	1,73%	0,78%	0,81%	1,35%	1,73%	-0,37%	0,32%	-0,29%	-0,77%	0,22%	0,70%	0,09%	0,56%
m2	36	RCh	0,68%	1,98%	0,68%	0,55%	1,56%	1,69%	-0,47%	0,79%	-0,29%	-0,86%	0,30%	0,84%	0,24%	0,59%
m2	36	DCh	0,69%	1,26%	0,88%	0,93%	1,01%	1,57%	-0,52%	0,10%	-0,27%	-0,71%	0,24%	0,82%	0,31%	0,49%
m2	36	RDCh	0,75%	1,74%	1,12%	0,85%	1,37%	1,85%	-0,49%	0,64%	-0,29%	-0,61%	0,35%	1,18%	0,51%	0,69%
m1	36	m20	0,82%	1,67%	0,71%	0,83%	1,22%	1,71%	-0,47%	0,34%	-0,27%	-0,78%	0,25%	0,64%	0,02%	0,52%
m1	36	m50	1,01%	1,69%	0,78%	0,89%	1,33%	1,82%	-0,41%	0,44%	-0,26%	-0,82%	0,24%	0,76%	0,17%	0,59%
m1	36	m100	0,95%	1,68%	0,58%	1,08%	1,14%	1,88%	-0,42%	0,34%	-0,22%	-0,94%	0,23%	0,72%	0,36%	0,57%
m1	36	v10	0,94%	1,72%	0,63%	0,84%	1,07%	1,60%	-0,34%	0,31%	-0,33%	-0,89%	0,06%	0,40%	-0,15%	0,45%
m1	36	v100	0,87%	1,71%	0,70%	0,89%	1,77%	1,94%	-0,41%	0,43%	-0,24%	-0,75%	0,32%	0,92%	0,15%	0,64%
m1	360		0,90%	3,55%	0,80%	1,13%	3,58%	2,64%	-0,59%	2,13%	-0,08%	-0,58%	0,48%	3,79%	0,85%	1,43%
průměr			0,88%	1,81%	0,78%	0,93%	1,44%	1,77%	-0,43%	0,52%	-0,26%	-0,76%	0,27%	0,93%	0,23%	0,58%
Nulová m.			-0,04%	0,03%	0,19%	1,22%	1,16%	1,11%	-0,85%	-0,88%	-0,99%	-0,97%	-0,24%	-0,28%	-0,29%	-0,06%



Graf 1: shodně s tabulkou



Graf 2: Odchylka od průměru z porovnávaných variant

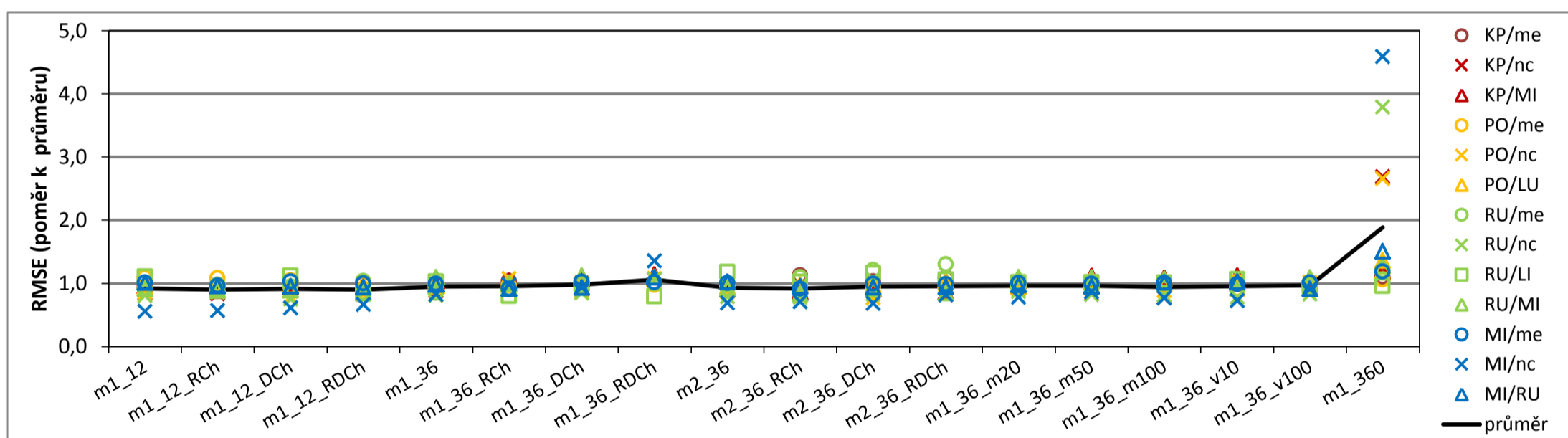


Graf 3: stejné jako Graf 1, není zobrazena m1_360

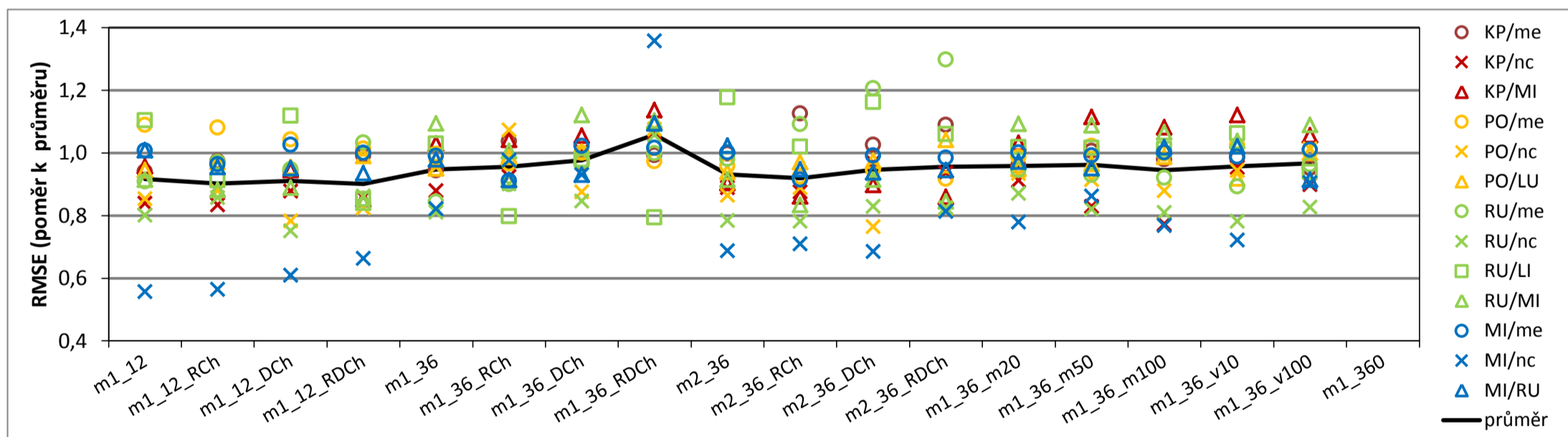
Příloha 4: Porovnání variant základního členění kategorií

kritérium: h2 - chyba simulace průměrné hustoty výkonu (% skutečné hustoty výkonu větru na cílové řadě)
 ukazatel: RMSE - střední kvadratická chyba

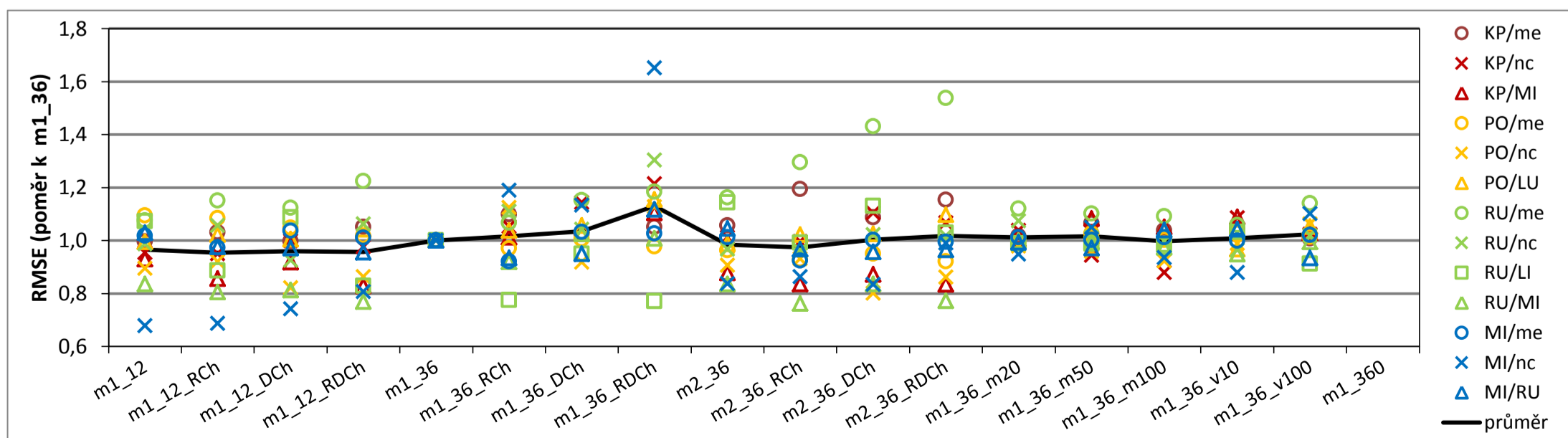
m.	DD	spc	KP/me	KP/nc	KP/MI	PO/me	PO/nc	PO/LU	RU/me	RU/nc	RU/LI	RU/MI	MI/me	MI/nc	MI/RU	průměr
m1	12		7,62%	9,55%	12,77%	12,40%	12,69%	16,51%	3,85%	5,14%	4,95%	7,06%	4,05%	4,37%	5,49%	8,19%
m1	12	RCh	7,88%	9,50%	11,75%	12,30%	13,06%	16,96%	4,12%	5,51%	4,09%	6,80%	3,87%	4,43%	5,20%	8,11%
m1	12	DCh	7,63%	10,00%	12,59%	11,88%	11,64%	16,68%	4,02%	4,82%	5,01%	6,87%	4,12%	4,78%	5,18%	8,09%
m1	12	RDCh	8,03%	9,76%	11,36%	11,54%	12,24%	17,30%	4,38%	5,54%	3,82%	6,50%	4,02%	5,20%	5,10%	8,06%
m1	36		7,65%	10,00%	13,73%	11,34%	14,18%	16,60%	3,58%	5,21%	4,62%	8,45%	3,98%	6,44%	5,33%	8,55%
m1	36	RCh	8,40%	10,52%	13,89%	11,00%	15,95%	17,23%	3,82%	5,79%	3,58%	7,77%	3,66%	7,66%	4,98%	8,79%
m1	36	DCh	7,83%	11,44%	14,07%	11,40%	13,01%	17,53%	4,12%	5,44%	4,38%	8,66%	4,11%	7,30%	5,07%	8,80%
m1	36	RDCh	8,04%	12,14%	15,15%	11,08%	15,99%	19,17%	4,24%	6,80%	3,56%	8,51%	4,08%	10,65%	5,96%	9,64%
m2	36		8,08%	10,12%	12,05%	10,91%	12,85%	16,39%	4,16%	5,04%	5,28%	7,06%	4,02%	5,39%	5,57%	8,23%
m2	36	RCh	9,12%	9,96%	11,48%	10,53%	13,21%	16,95%	4,63%	5,02%	4,57%	6,44%	3,67%	5,56%	5,16%	8,18%
m2	36	DCh	8,31%	11,04%	11,97%	10,77%	11,37%	17,01%	5,12%	5,33%	5,21%	7,06%	3,98%	5,37%	5,10%	8,28%
m2	36	RDCh	8,82%	10,67%	11,46%	10,44%	12,21%	18,20%	5,50%	5,30%	4,75%	6,53%	3,95%	6,38%	5,14%	8,41%
m1	36	m20	7,77%	10,38%	13,76%	11,24%	13,87%	16,58%	4,01%	5,60%	4,57%	8,44%	4,03%	6,11%	5,30%	8,59%
m1	36	m50	8,15%	9,44%	14,86%	11,64%	13,59%	16,85%	3,94%	5,27%	4,56%	8,40%	3,99%	6,76%	5,18%	8,66%
m1	36	m100	7,94%	8,79%	14,42%	11,36%	13,07%	17,26%	3,91%	5,20%	4,54%	8,24%	4,02%	6,03%	5,54%	8,49%
m1	36	v10	7,98%	10,86%	14,94%	11,66%	14,02%	16,05%	3,79%	5,03%	4,77%	8,02%	3,97%	5,66%	5,56%	8,64%
m1	36	v100	7,70%	10,23%	14,08%	11,49%	15,06%	17,46%	4,08%	5,31%	4,21%	8,41%	4,06%	7,09%	4,98%	8,78%
m1	360		8,92%	30,58%	15,69%	12,04%	39,51%	23,76%	5,11%	24,34%	4,28%	9,82%	4,77%	36,02%	8,21%	17,16%
průměr			8,10%	11,39%	13,33%	11,39%	14,86%	17,47%	4,24%	6,43%	4,49%	7,73%	4,02%	7,84%	5,45%	8,98%
Nulová m.			24,48%	24,68%	24,86%	18,16%	18,29%	18,48%	21,55%	21,43%	21,65%	21,90%	16,56%	16,38%	16,58%	20,38%



Graf 1: Poměr k průměru z porovnávaných variant



Graf 2: stejné jako Graf 1, není zobrazena m1_360

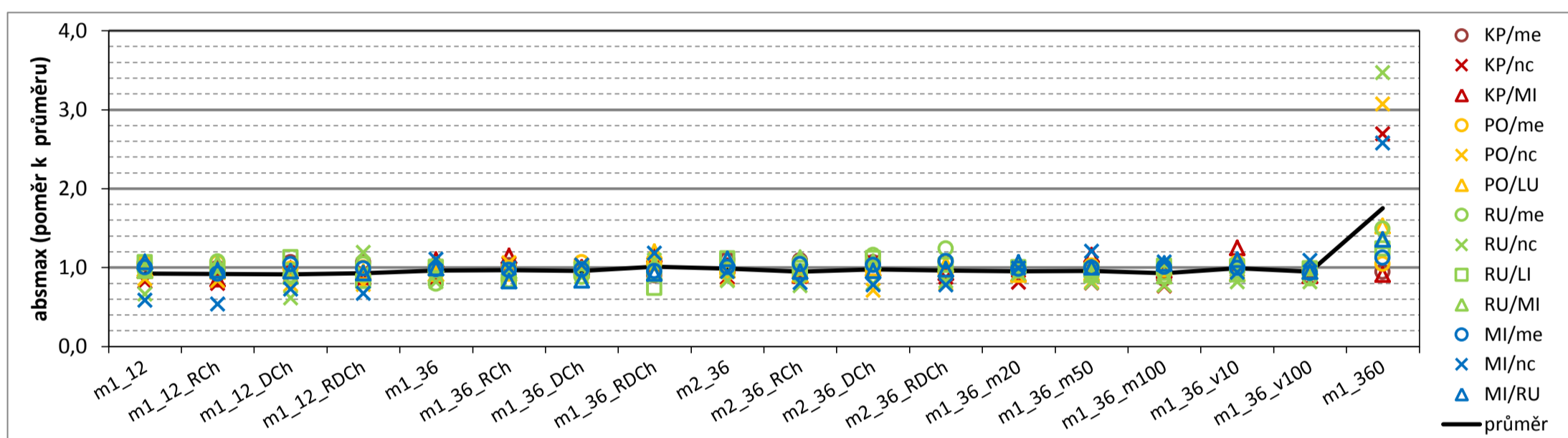


Graf 3: Poměr k výsledku pro standardní metodu m1_36 (není zobrazena m1_360)

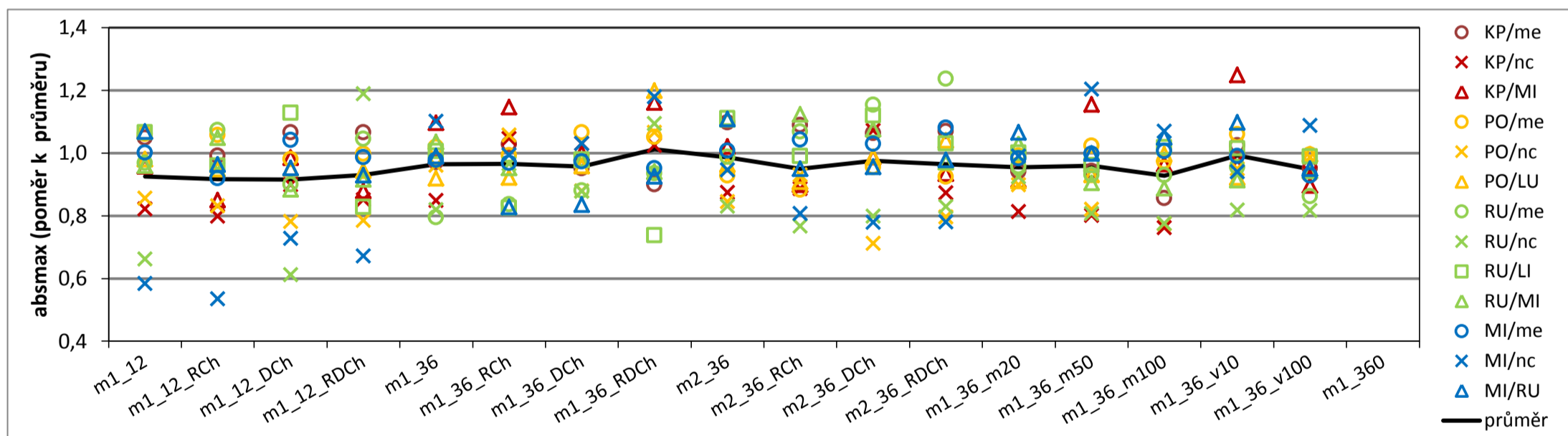
Příloha 4: Porovnání variant základního členění kategorií

kritérium: h2 - chyba simulace průměrné hustoty výkonu (% skutečné hustoty výkonu větru na cílové řadě)
 ukazatel: absmax - nejvyšší absolutní hodnota chyby

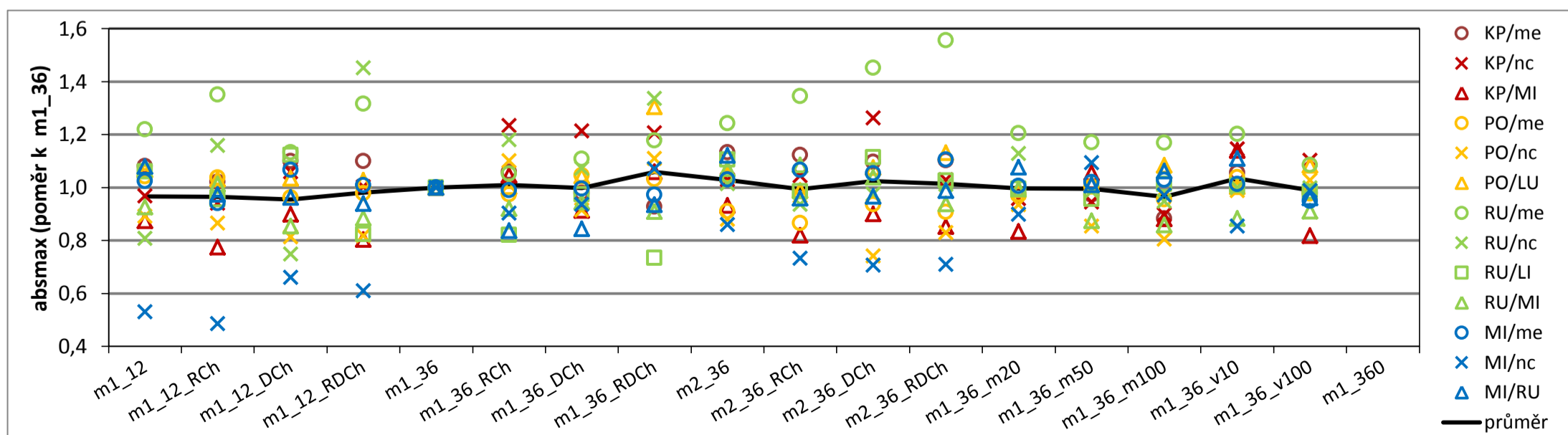
m.	DD	spc	KP/me	KP/nc	KP/MI	PO/me	PO/nc	PO/LU	RU/me	RU/nc	RU/LI	RU/MI	MI/me	MI/nc	MI/RU	průměr
m1	12		22,4%	20,5%	30,3%	26,6%	28,4%	27,7%	10,3%	9,5%	11,7%	17,1%	10,1%	14,1%	13,7%	18,6%
m1	12	RCh	21,2%	19,9%	26,9%	26,5%	27,6%	26,8%	11,4%	13,7%	10,5%	18,7%	9,3%	13,0%	12,4%	18,3%
m1	12	DCh	22,8%	22,4%	31,2%	24,5%	26,0%	26,9%	9,6%	8,8%	12,3%	15,8%	10,5%	17,6%	12,2%	18,5%
m1	12	RDCh	22,8%	21,2%	27,8%	25,0%	26,1%	26,7%	11,1%	17,1%	9,1%	16,3%	9,9%	16,3%	11,9%	18,6%
m1	36		20,8%	21,1%	34,7%	25,5%	31,9%	26,0%	8,4%	11,8%	11,0%	18,5%	9,8%	26,7%	12,7%	19,9%
m1	36	RCh	22,0%	26,1%	36,3%	24,9%	35,1%	26,1%	8,9%	13,9%	9,0%	17,0%	9,7%	24,1%	10,6%	20,3%
m1	36	DCh	20,3%	25,6%	31,6%	26,7%	29,2%	27,1%	9,3%	12,6%	10,7%	17,4%	9,8%	25,0%	10,7%	19,7%
m1	36	RDCh	19,3%	25,5%	36,7%	26,3%	35,4%	33,9%	9,9%	15,7%	8,1%	16,8%	9,6%	28,6%	11,9%	21,4%
m2	36		23,5%	21,8%	32,3%	23,2%	28,1%	27,2%	10,5%	11,9%	12,2%	19,8%	10,1%	22,9%	14,2%	19,8%
m2	36	RCh	23,3%	22,1%	28,4%	22,1%	30,9%	25,7%	11,3%	11,0%	10,8%	20,0%	10,5%	19,6%	12,2%	19,1%
m2	36	DCh	22,8%	26,7%	31,2%	23,9%	23,7%	27,9%	12,2%	11,5%	12,3%	19,2%	10,4%	18,9%	12,3%	19,4%
m2	36	RDCh	22,9%	21,7%	29,6%	23,1%	26,5%	29,4%	13,1%	11,9%	11,3%	17,3%	10,9%	18,9%	12,6%	19,2%
m1	36	m20	20,1%	20,2%	28,9%	24,8%	29,8%	25,7%	10,2%	13,3%	11,0%	18,3%	9,9%	24,0%	13,7%	19,2%
m1	36	m50	20,2%	20,0%	36,6%	25,6%	27,3%	26,3%	9,9%	11,6%	10,5%	16,1%	10,0%	29,2%	12,8%	19,7%
m1	36	m100	18,3%	19,0%	30,5%	24,3%	25,7%	28,1%	9,9%	11,2%	11,1%	15,8%	10,1%	25,9%	13,5%	18,7%
m1	36	v10	21,9%	24,2%	39,5%	26,5%	31,5%	26,0%	10,1%	11,8%	11,1%	16,3%	10,0%	22,8%	14,1%	20,5%
m1	36	v100	20,3%	23,3%	28,3%	24,9%	32,8%	28,1%	9,1%	11,8%	10,8%	16,8%	9,3%	26,4%	12,2%	19,6%
m1	360		20,2%	67,1%	28,7%	26,2%	102,1%	43,1%	15,8%	49,9%	13,5%	23,8%	11,3%	62,5%	17,4%	37,0%
průměr			21,4%	24,9%	31,6%	25,0%	33,2%	28,3%	10,6%	14,4%	10,9%	17,8%	10,1%	24,2%	12,8%	20,4%
Nulová m.			44,1%	44,3%	45,7%	40,2%	41,2%	43,6%	40,2%	38,2%	39,1%	40,3%	33,1%	33,8%	33,5%	39,8%



Graf 1: Poměr k průměru z porovnávaných variant



Graf 2: stejné jako Graf 1, není zobrazena m1_360

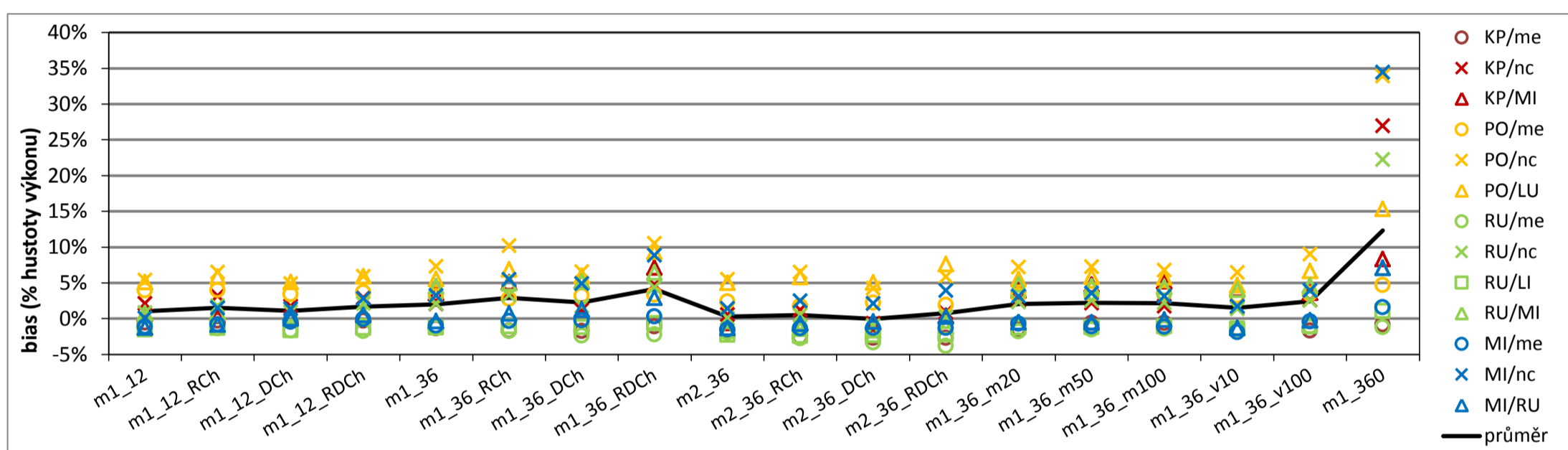


Graf 3: Poměr k výsledku pro standardní metodu m1_36 (není zobrazena m1_360)

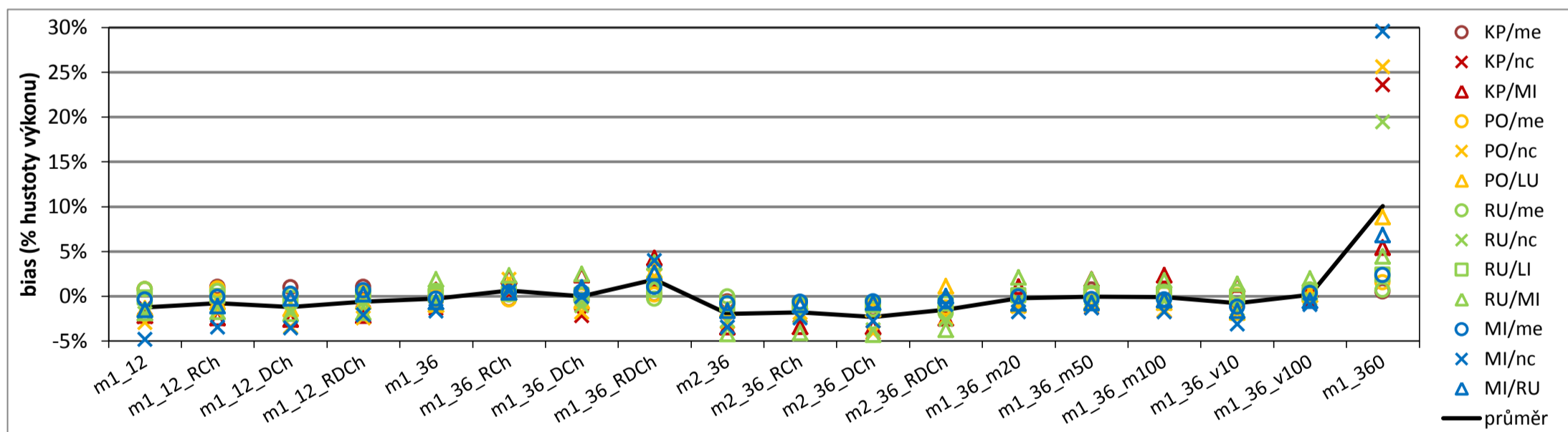
Příloha 4: Porovnání variant základního členění kategorií

kritérium: h2 - chyba simulace průměrné hustoty výkonu (% skutečné hustoty výkonu větru na cílové řadě)
 ukazatel: bias - systematická chyba

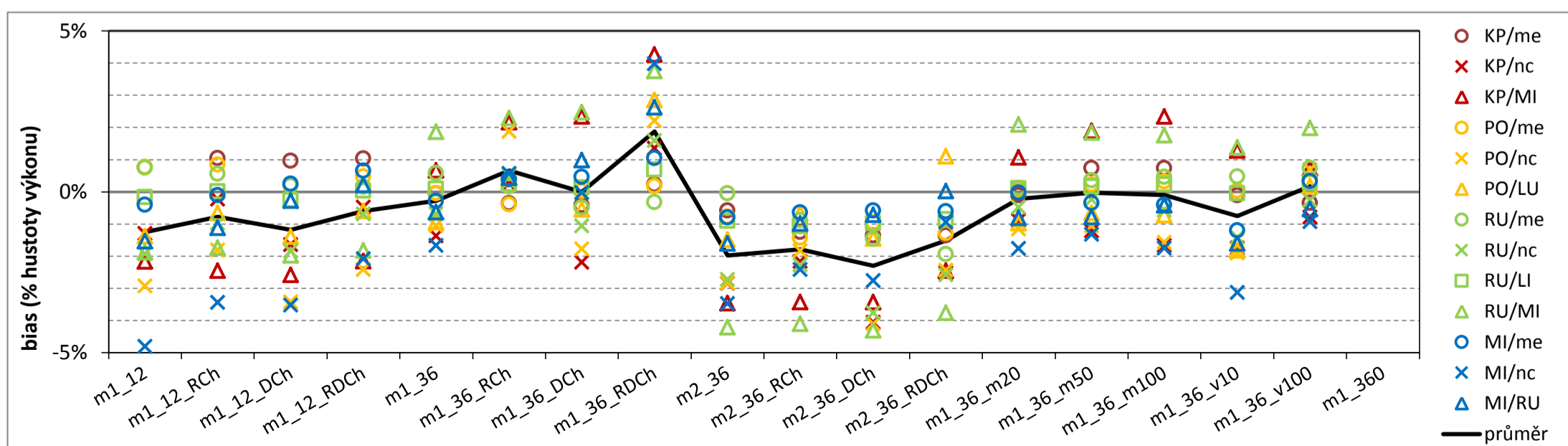
m.	DD	spc	KP/me	KP/nc	KP/MI	PO/me	PO/nc	PO/LU	RU/me	RU/nc	RU/LI	RU/MI	MI/me	MI/nc	MI/RU	průměr
m1	12		-0,58%	2,10%	0,70%	3,93%	5,40%	5,11%	-1,15%	0,85%	-1,52%	0,78%	-1,14%	0,08%	-1,25%	1,02%
m1	12	RCh	-0,30%	3,16%	0,42%	4,01%	6,52%	5,84%	-1,35%	1,80%	-1,34%	0,92%	-0,83%	1,45%	-0,84%	1,50%
m1	12	DCh	-0,38%	1,75%	0,28%	3,37%	4,90%	5,10%	-1,72%	0,93%	-1,62%	0,69%	-0,48%	1,36%	0,02%	1,09%
m1	12	RDCh	-0,31%	2,91%	0,70%	3,64%	5,90%	5,90%	-1,75%	2,09%	-1,32%	0,84%	-0,08%	2,80%	0,50%	1,68%
m1	36		-1,38%	2,03%	3,53%	3,11%	7,28%	5,54%	-1,32%	2,09%	-1,26%	4,53%	-1,02%	3,22%	-0,35%	2,00%
m1	36	RCh	-1,69%	3,65%	5,03%	2,76%	10,21%	6,88%	-1,73%	3,30%	-1,11%	4,96%	-0,35%	5,46%	0,73%	2,93%
m1	36	DCh	-1,76%	1,20%	5,21%	3,18%	6,55%	5,94%	-2,39%	1,71%	-1,23%	5,14%	-0,26%	4,87%	1,27%	2,26%
m1	36	RDCh	-1,12%	4,75%	7,13%	3,34%	10,54%	9,35%	-2,22%	4,38%	-0,67%	6,43%	0,31%	8,87%	2,91%	4,15%
m2	36		-1,92%	0,55%	-0,60%	2,38%	5,49%	5,00%	-1,95%	0,06%	-2,26%	-1,54%	-1,52%	1,41%	-1,33%	0,29%
m2	36	RCh	-2,59%	1,22%	-0,56%	1,73%	6,49%	5,82%	-2,78%	0,51%	-2,43%	-1,44%	-1,37%	2,47%	-0,71%	0,49%
m2	36	DCh	-2,70%	-0,66%	-0,56%	2,21%	4,22%	5,04%	-3,37%	-0,99%	-2,33%	-1,65%	-1,31%	2,12%	-0,43%	-0,03%
m2	36	RDCh	-2,70%	0,86%	0,41%	1,87%	5,88%	7,60%	-3,84%	0,19%	-2,22%	-1,10%	-1,33%	3,95%	0,31%	0,76%
m1	36	m20	-1,44%	2,49%	3,94%	3,22%	7,17%	5,51%	-1,79%	2,30%	-1,25%	4,76%	-0,75%	3,12%	-0,52%	2,06%
m1	36	m50	-0,60%	2,17%	4,75%	3,39%	7,27%	5,84%	-1,54%	2,54%	-1,19%	4,51%	-1,08%	3,56%	-0,50%	2,24%
m1	36	m100	-0,60%	1,72%	5,20%	3,47%	6,75%	5,76%	-1,43%	2,20%	-1,13%	4,42%	-1,14%	3,14%	-0,13%	2,17%
m1	36	v10	-1,45%	1,64%	4,14%	3,19%	6,42%	4,67%	-1,43%	1,36%	-1,41%	4,05%	-1,93%	1,75%	-1,32%	1,51%
m1	36	v100	-1,68%	2,61%	3,59%	3,45%	9,02%	6,66%	-1,17%	2,52%	-1,07%	4,65%	-0,40%	3,95%	-0,24%	2,45%
m1	360		-0,82%	26,97%	8,30%	4,68%	33,93%	15,33%	-1,22%	22,23%	1,04%	7,08%	1,60%	34,44%	7,11%	12,36%
průměr			-1,33%	3,40%	2,87%	3,16%	8,33%	6,49%	-1,90%	2,78%	-1,35%	2,67%	-0,73%	4,89%	0,29%	1,68%
<i>Nulová m.</i>			<i>-2,23%</i>	<i>-1,99%</i>	<i>-1,76%</i>	<i>3,24%</i>	<i>3,11%</i>	<i>2,94%</i>	<i>-1,86%</i>	<i>-1,94%</i>	<i>-1,99%</i>	<i>-2,10%</i>	<i>-2,35%</i>	<i>-2,38%</i>	<i>-2,35%</i>	<i>-0,90%</i>



Graf 1: shodně s tabulkou



Graf 2: Odchylna od průměru z porovnávaných variant

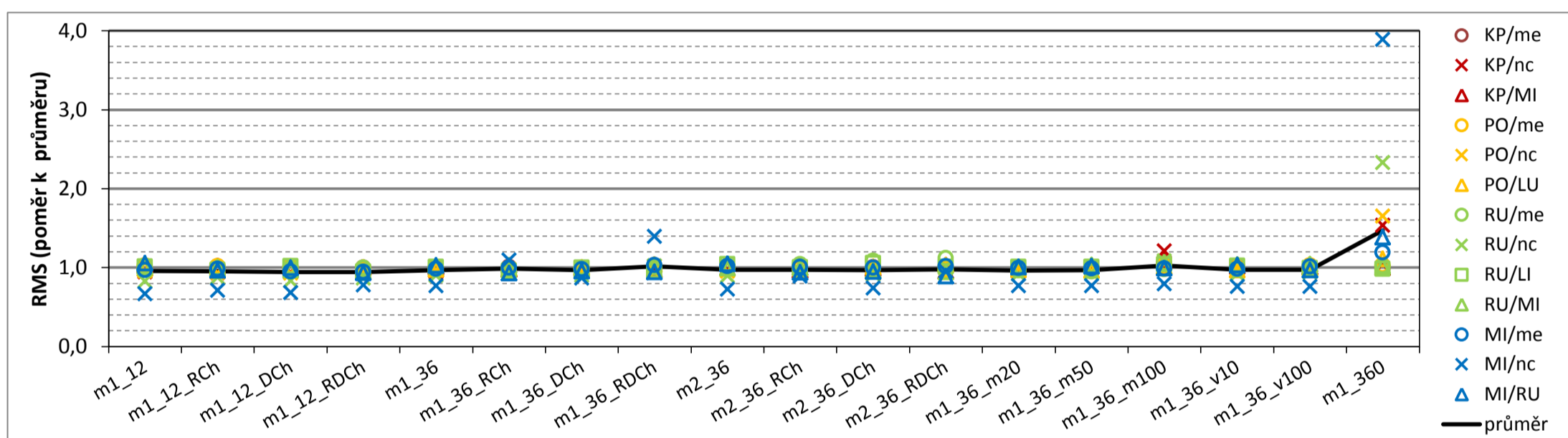


Graf 3: stejné jako Graf 1, není zobrazena m1_360

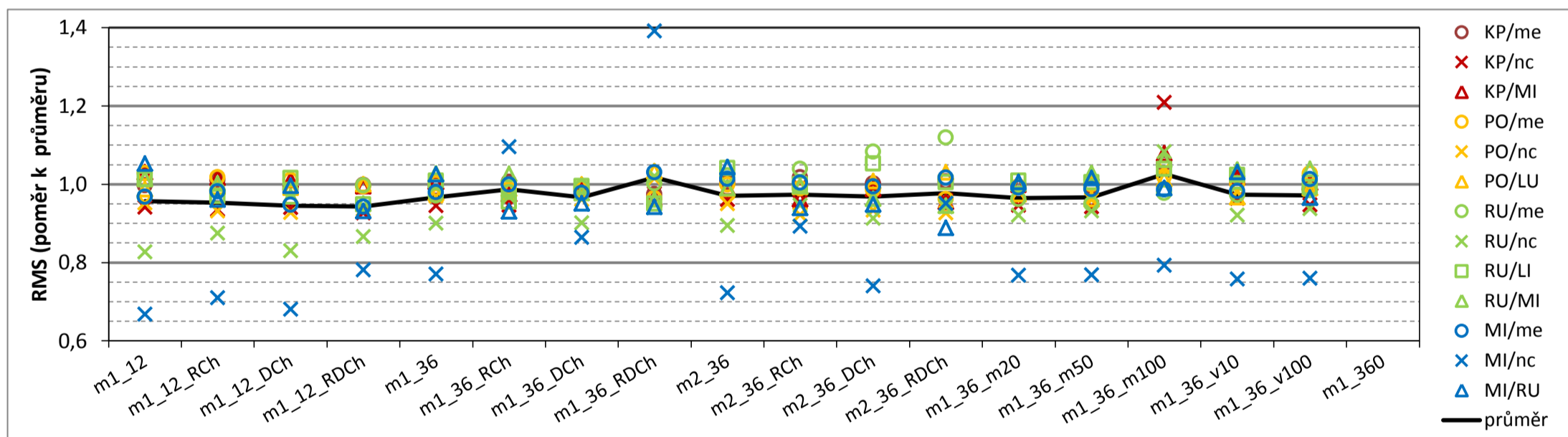
Příloha 4: Porovnání variant základního členění kategorií

kritérium: h3 - chyba simulace tvaru četnostního rozdělení rychlosti větru (% skutečné rychlosti větru na cílové řadě)
 ukazatel: RMS - střední kvadratická hodnota

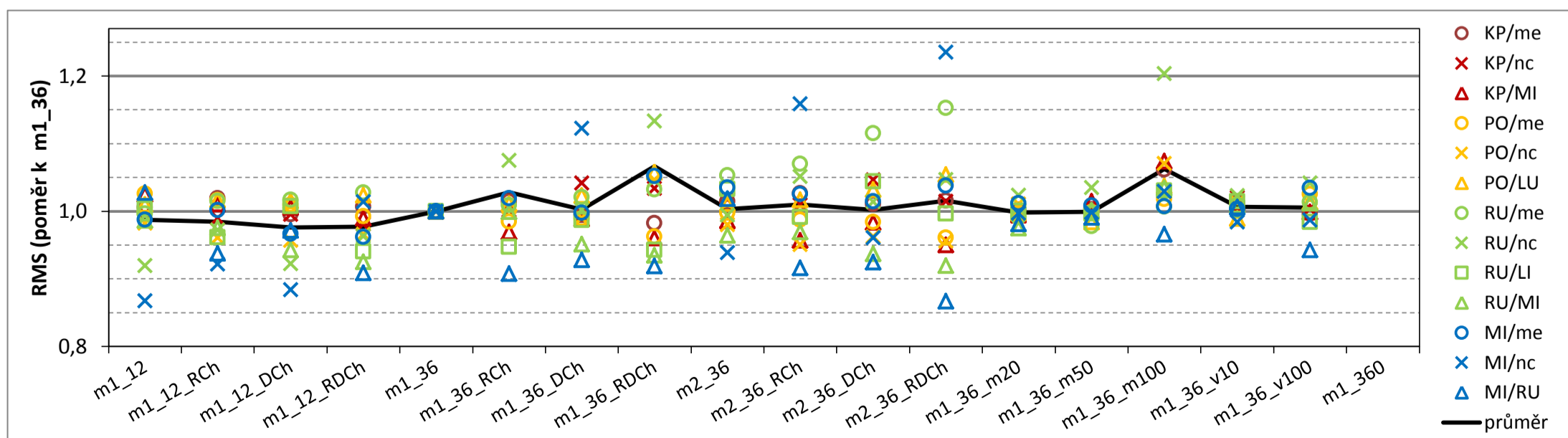
m.	DD	spc	KP/me	KP/nc	KP/MI	PO/me	PO/nc	PO/LU	RU/me	RU/nc	RU/LI	RU/MI	MI/me	MI/nc	MI/RU	průměr
m1	12		3,93%	4,02%	4,53%	4,33%	4,09%	5,05%	1,47%	1,78%	1,61%	2,01%	1,08%	1,21%	1,66%	2,83%
m1	12	RCh	3,99%	3,99%	4,47%	4,29%	4,00%	5,09%	1,50%	1,89%	1,55%	1,99%	1,09%	1,29%	1,52%	2,82%
m1	12	DCh	3,89%	4,02%	4,45%	4,26%	3,99%	5,08%	1,50%	1,79%	1,62%	1,92%	1,05%	1,23%	1,57%	2,80%
m1	12	RDCh	3,94%	3,96%	4,38%	4,19%	4,03%	5,12%	1,52%	1,87%	1,51%	1,89%	1,05%	1,41%	1,47%	2,79%
m1	36		3,91%	4,03%	4,42%	4,22%	4,17%	5,00%	1,48%	1,94%	1,61%	2,04%	1,09%	1,39%	1,62%	2,84%
m1	36	RCh	3,97%	4,04%	4,29%	4,16%	4,20%	5,06%	1,49%	2,08%	1,52%	2,04%	1,11%	1,98%	1,47%	2,88%
m1	36	DCh	3,89%	4,20%	4,37%	4,18%	4,13%	5,12%	1,51%	1,94%	1,59%	1,94%	1,09%	1,57%	1,50%	2,85%
m1	36	RDCh	3,84%	4,17%	4,25%	4,06%	4,36%	5,29%	1,53%	2,20%	1,52%	1,91%	1,14%	2,52%	1,49%	2,94%
m2	36		3,97%	4,10%	4,36%	4,21%	4,09%	5,06%	1,56%	1,93%	1,66%	1,97%	1,13%	1,31%	1,65%	2,85%
m2	36	RCh	4,01%	4,07%	4,23%	4,17%	3,96%	5,09%	1,58%	2,04%	1,59%	1,98%	1,12%	1,62%	1,48%	2,84%
m2	36	DCh	3,95%	4,22%	4,35%	4,16%	4,01%	5,16%	1,65%	1,97%	1,68%	1,91%	1,10%	1,34%	1,50%	2,85%
m2	36	RDCh	3,97%	4,09%	4,20%	4,06%	3,98%	5,27%	1,71%	2,03%	1,60%	1,88%	1,13%	1,72%	1,40%	2,85%
m1	36	m20	3,92%	4,04%	4,40%	4,19%	4,21%	4,99%	1,47%	1,98%	1,61%	1,99%	1,10%	1,39%	1,59%	2,84%
m1	36	m50	3,92%	4,02%	4,49%	4,22%	4,13%	4,92%	1,45%	2,01%	1,60%	2,04%	1,10%	1,39%	1,60%	2,84%
m1	36	m100	4,15%	5,16%	4,75%	4,30%	4,46%	5,19%	1,49%	2,33%	1,66%	2,11%	1,10%	1,44%	1,56%	3,05%
m1	36	v10	3,96%	4,12%	4,48%	4,23%	4,22%	4,95%	1,48%	1,98%	1,63%	2,06%	1,09%	1,37%	1,63%	2,86%
m1	36	v100	3,90%	4,05%	4,42%	4,33%	4,25%	5,07%	1,50%	2,02%	1,58%	2,06%	1,13%	1,38%	1,52%	2,86%
m1	360		3,90%	6,56%	4,38%	4,35%	7,10%	5,68%	1,55%	5,01%	1,57%	2,02%	1,32%	7,04%	2,19%	4,05%
průměr			3,95%	4,27%	4,40%	4,22%	4,30%	5,12%	1,52%	2,15%	1,59%	1,98%	1,11%	1,81%	1,58%	2,92%
Nulová m.			6,39%	6,50%	6,55%	5,87%	5,93%	5,89%	4,24%	4,20%	4,22%	4,25%	2,95%	2,90%	2,92%	4,83%



Graf 1: Poměr k průměru z porovnávaných variant



Graf 2: stejné jako Graf 1, není zobrazena m1_360



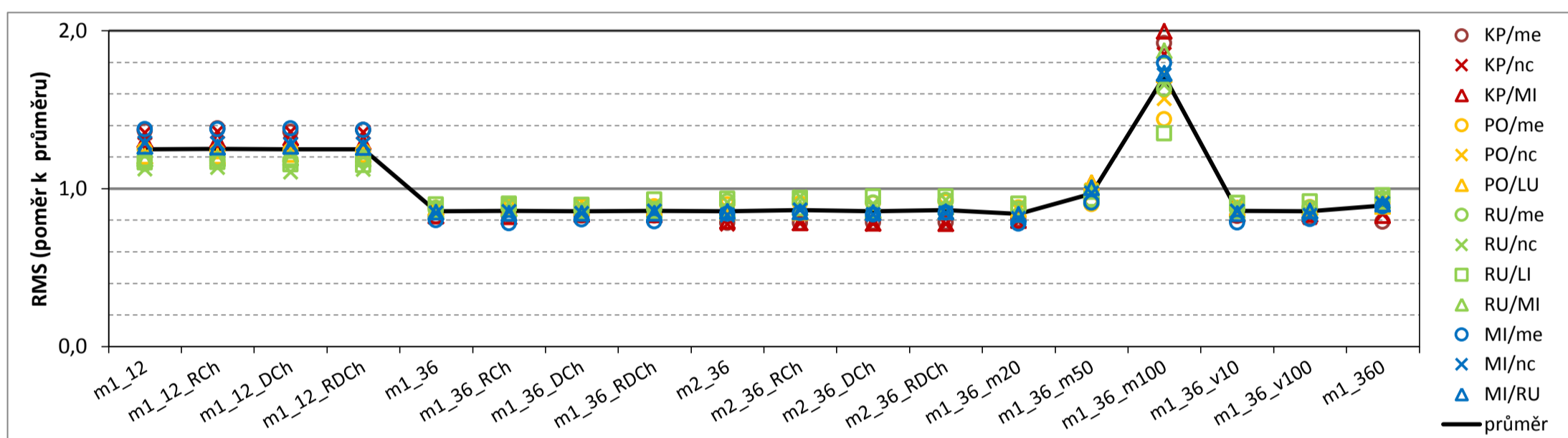
Graf 3: Poměr k výsledku pro standardní metodu m1_36 (nezobrazena m1_360; výsledky MI/nc pro m1_36_RCh a m1_36_RDCh mimo měřítko)

Příloha 4: Porovnání variant základního členění kategorií

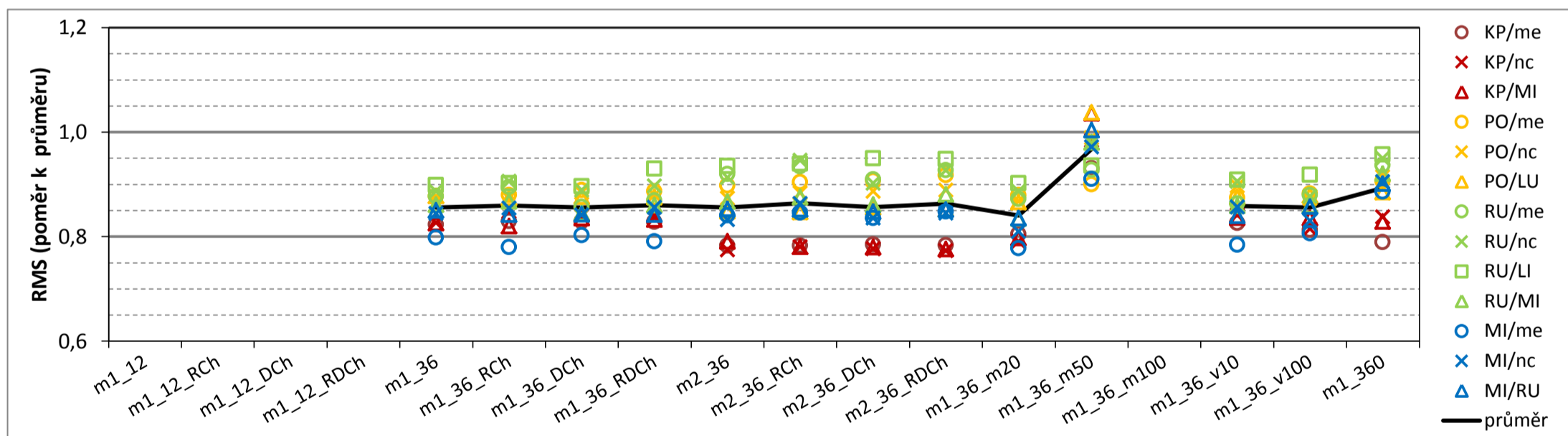
kritérium: h4 - chyba simulace větrné růžice, součet rozdílů sektorových četností (%)

ukazatel: RMS - střední kvadratická hodnota

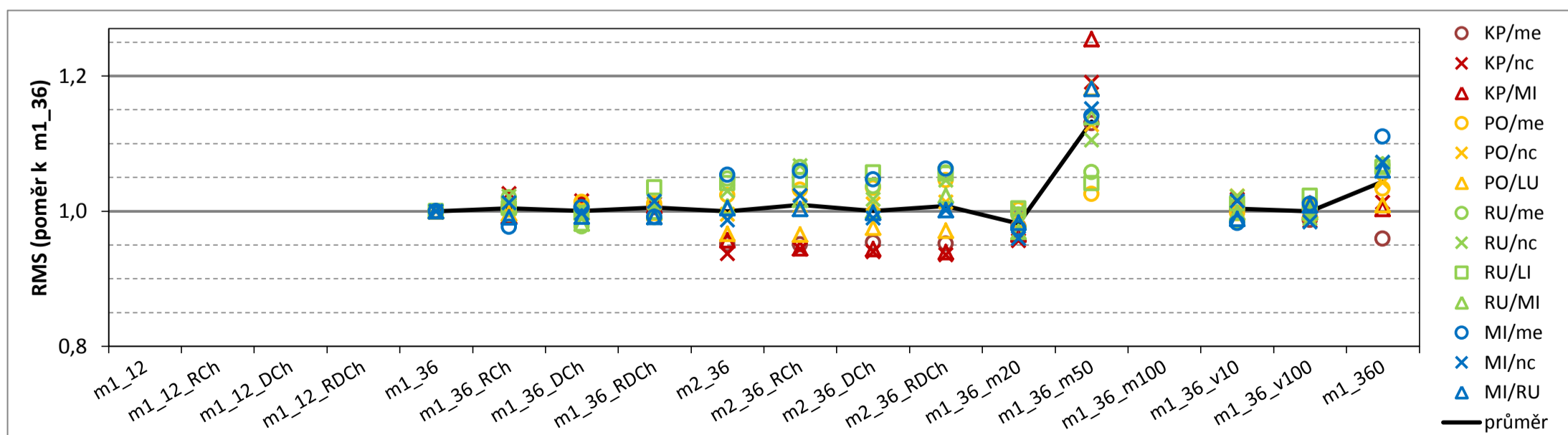
m.	DD	spc	KP/me	KP/nc	KP/MI	PO/me	PO/nc	PO/LU	RU/me	RU/nc	RU/LI	RU/MI	MI/me	MI/nc	MI/RU	průměr
m1	12		14,0%	16,2%	14,2%	19,4%	20,6%	19,9%	11,5%	13,2%	10,9%	12,8%	15,2%	17,2%	17,5%	15,6%
m1	12	RCh	14,2%	16,3%	14,2%	19,3%	20,5%	19,9%	11,7%	13,3%	10,9%	12,9%	15,2%	17,1%	17,4%	15,6%
m1	12	DCh	13,9%	16,2%	14,4%	19,3%	20,6%	20,1%	11,7%	13,0%	10,8%	12,9%	15,3%	17,1%	17,5%	15,6%
m1	12	RDCh	14,1%	16,2%	14,1%	19,3%	20,4%	20,0%	11,9%	13,2%	10,8%	12,8%	15,2%	17,1%	17,4%	15,6%
m1	36		8,5%	9,9%	9,0%	13,7%	14,9%	14,5%	8,7%	10,5%	8,4%	9,3%	8,8%	11,3%	11,8%	10,7%
m1	36	RCh	8,5%	10,1%	8,9%	13,7%	14,8%	14,5%	8,9%	10,7%	8,5%	9,4%	8,6%	11,4%	11,6%	10,7%
m1	36	DCh	8,5%	10,0%	9,1%	13,9%	15,0%	14,5%	8,5%	10,5%	8,4%	9,1%	8,9%	11,2%	11,7%	10,7%
m1	36	RDCh	8,5%	10,0%	9,1%	13,8%	14,9%	14,5%	8,7%	10,6%	8,7%	9,3%	8,8%	11,4%	11,6%	10,8%
m2	36		8,0%	9,3%	8,6%	14,0%	14,8%	14,0%	9,2%	10,8%	8,8%	9,4%	9,3%	11,1%	11,8%	10,7%
m2	36	RCh	8,0%	9,3%	8,5%	14,1%	15,0%	14,0%	9,3%	11,2%	8,8%	9,5%	9,4%	11,5%	11,8%	10,8%
m2	36	DCh	8,1%	9,3%	8,5%	14,1%	15,0%	14,2%	9,0%	10,6%	8,9%	9,3%	9,3%	11,1%	11,7%	10,7%
m2	36	RDCh	8,0%	9,3%	8,4%	14,3%	15,1%	14,1%	9,2%	10,9%	8,9%	9,5%	9,4%	11,3%	11,8%	10,8%
m1	36	m20	8,3%	9,5%	8,7%	13,7%	14,7%	14,3%	8,7%	10,5%	8,5%	9,0%	8,6%	10,8%	11,6%	10,5%
m1	36	m50	9,6%	11,8%	11,3%	14,0%	16,8%	17,2%	9,2%	11,6%	8,8%	10,6%	10,1%	13,0%	13,9%	12,1%
m1	36	m100	19,7%	22,1%	21,7%	22,4%	26,6%	28,4%	16,2%	19,5%	12,6%	20,3%	19,9%	22,9%	23,9%	21,3%
m1	36	v10	8,5%	10,1%	9,1%	13,6%	15,2%	14,5%	8,6%	10,7%	8,5%	9,3%	8,7%	11,4%	11,6%	10,8%
m1	36	v100	8,3%	9,7%	9,1%	13,7%	14,8%	14,5%	8,8%	10,3%	8,6%	9,3%	8,9%	11,1%	11,9%	10,7%
m1	360		8,1%	10,0%	9,0%	14,1%	15,5%	14,6%	9,3%	11,2%	9,0%	10,0%	9,8%	12,1%	12,5%	11,2%
průměr			10,3%	12,0%	10,9%	15,6%	17,0%	16,5%	10,0%	11,8%	9,4%	10,8%	11,1%	13,3%	13,8%	12,5%
Nulová m.			12,4%	12,3%	12,3%	16,3%	16,3%	16,2%	15,0%	14,8%	14,9%	15,1%	17,2%	17,1%	17,3%	15,2%



Graf 1: Poměr k průměru z porovnávaných variant



Graf 2: stejné jako Graf 1, nejsou zobrazeny metody m1_12 a m1_36_m100



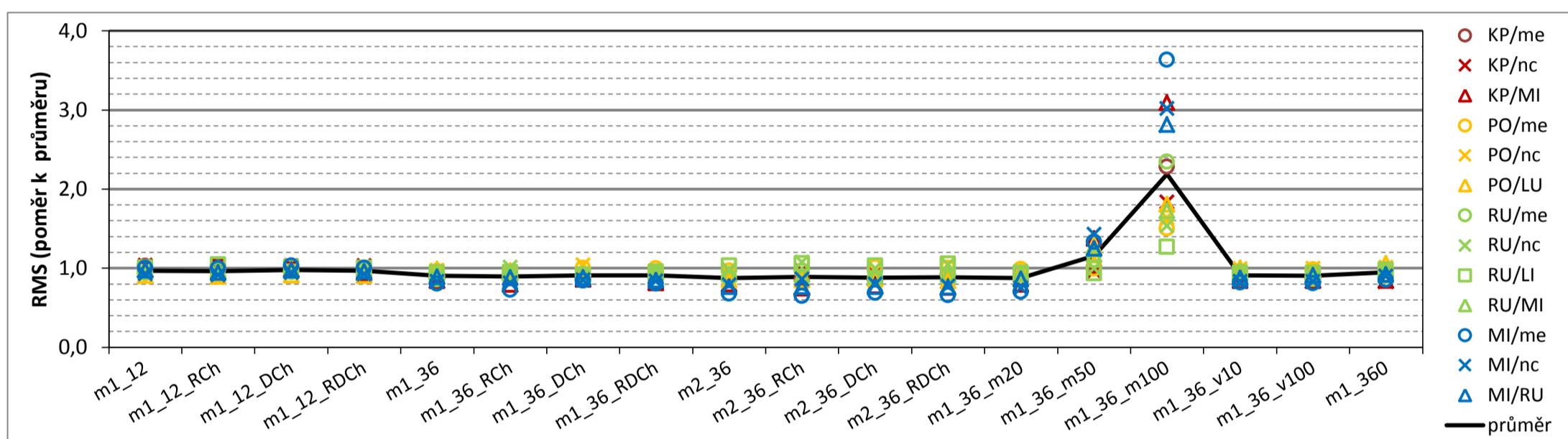
Graf 3: Poměr k výsledku pro standardní metodu m1_36 (nejsou zobrazeny metody m1_12 a m1_36_m100)

Příloha 4: Porovnání variant základního členění kategorií

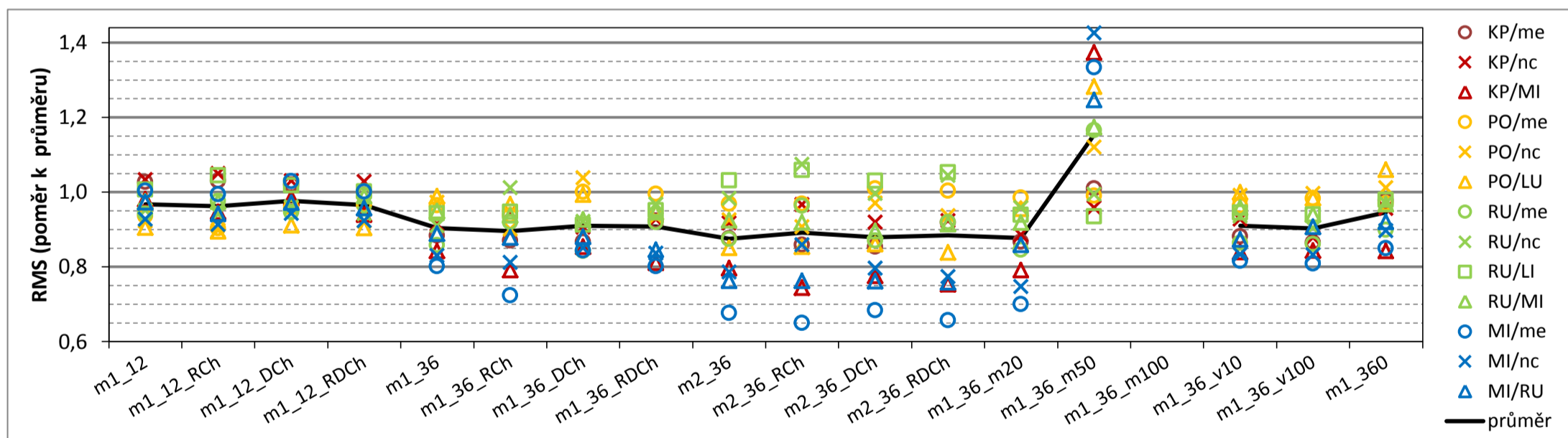
kritérium: h5 - chyba simulace větrné růžice, KSI pro směr větru (°)

ukazatel: RMS - střední kvadratická hodnota

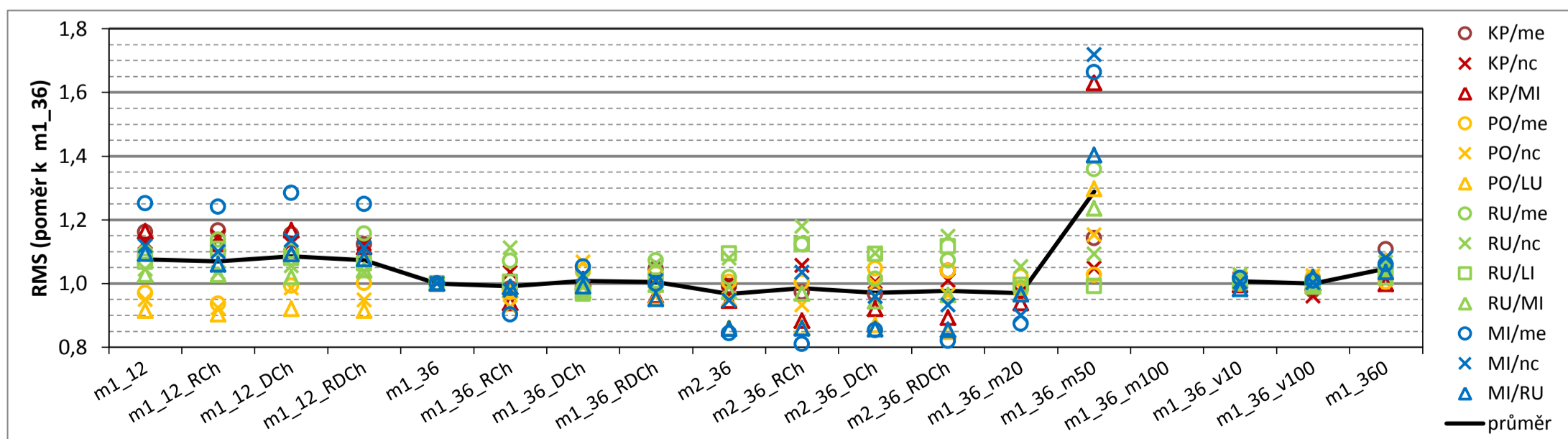
m.	DD	spc	KP/me	KP/nc	KP/MI	PO/me	PO/nc	PO/LU	RU/me	RU/nc	RU/LI	RU/MI	MI/me	MI/nc	MI/RU	průměr
m1	12		2,90	3,76	3,94	6,31	6,50	6,69	2,98	3,82	2,45	3,38	4,01	4,49	5,32	4,35
m1	12	RCh	2,91	3,81	3,80	6,09	6,32	6,61	3,09	3,78	2,54	3,38	3,98	4,42	5,16	4,30
m1	12	DCh	2,88	3,74	3,95	6,46	6,75	6,73	2,99	3,86	2,47	3,36	4,11	4,56	5,32	4,40
m1	12	RDCh	2,80	3,74	3,77	6,51	6,50	6,68	3,14	3,78	2,43	3,43	4,00	4,47	5,24	4,35
m1	36		2,50	3,32	3,39	6,51	6,85	7,31	2,71	3,66	2,29	3,29	3,20	4,02	4,86	4,15
m1	36	RCh	2,46	3,44	3,18	6,33	6,35	7,15	2,91	4,06	2,30	3,26	2,89	3,93	4,81	4,08
m1	36	DCh	2,45	3,29	3,43	6,75	7,32	7,34	2,67	3,70	2,22	3,22	3,37	4,12	4,82	4,21
m1	36	RDCh	2,61	3,37	3,25	6,71	6,58	6,99	2,91	3,89	2,31	3,28	3,20	4,05	4,63	4,14
m2	36		2,48	3,33	3,20	6,54	6,52	6,28	2,77	3,95	2,50	3,21	2,70	3,81	4,17	3,96
m2	36	RCh	2,43	3,51	2,99	6,53	6,39	6,31	3,05	4,31	2,57	3,19	2,60	4,16	4,18	4,02
m2	36	DCh	2,41	3,34	3,12	6,81	6,84	6,36	2,75	4,00	2,50	3,11	2,73	3,85	4,17	4,00
m2	36	RDCh	2,60	3,35	3,02	6,77	6,60	6,20	2,91	4,20	2,56	3,17	2,62	3,74	4,15	3,99
m1	36	m20	2,45	3,22	3,18	6,64	6,75	7,06	2,67	3,85	2,28	3,19	2,80	3,62	4,70	4,03
m1	36	m50	2,85	3,48	5,52	6,68	7,90	9,48	3,69	4,00	2,27	4,07	5,33	6,90	6,82	5,31
m1	36	m100	6,44	6,66	12,42	10,12	11,54	13,35	7,41	6,15	3,08	5,98	14,52	14,60	15,41	9,82
m1	36	v10	2,49	3,37	3,37	6,50	6,98	7,38	2,73	3,76	2,30	3,33	3,26	4,04	4,78	4,18
m1	36	v100	2,44	3,19	3,39	6,63	7,02	7,27	2,72	3,63	2,28	3,26	3,23	4,03	4,97	4,16
m1	360		2,76	3,47	3,38	6,54	7,13	7,83	2,84	3,90	2,38	3,36	3,40	4,34	5,04	4,34
průměr			2,83	3,63	4,02	6,75	7,05	7,39	3,16	4,02	2,43	3,47	4,00	4,84	5,48	4,54
Nulová m.			7,80	7,77	7,66	8,20	8,35	8,24	8,22	8,19	8,23	8,02	8,88	8,83	8,90	8,25



Graf 1: Poměr k průměru z porovnávaných variant



Graf 2: stejné jako Graf 1, není zobrazena metoda m1_36_m100



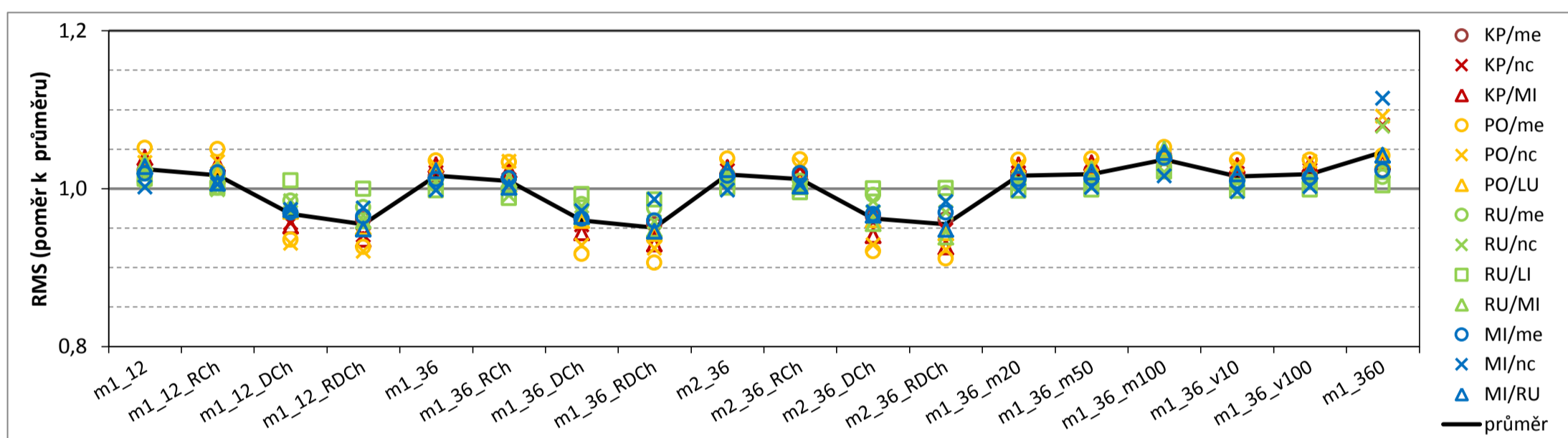
Graf 3: Poměr k výsledku pro standardní metodu m1_36 (není zobrazena metoda m1_36_m100)

Příloha 4: Porovnání variant základního členění kategorií

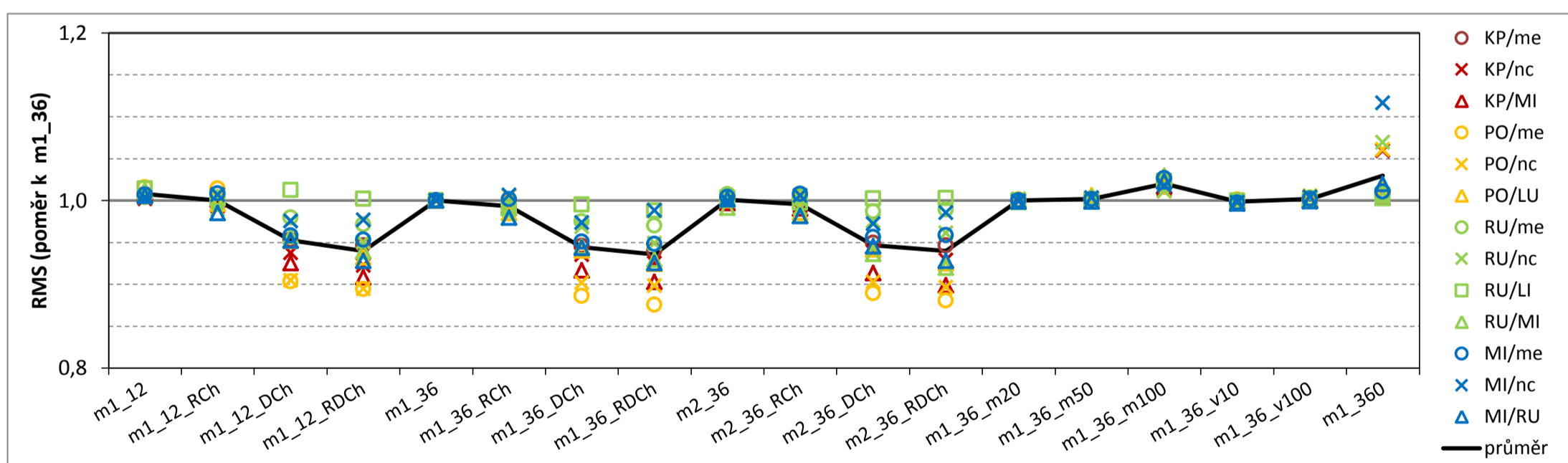
kritérium: **h6** - střední kvadratická chyba simulace termínových rychlostí větru (% skutečné rychlosti větru na cílové řadě)

ukazatel: **RMS** - střední kvadratická hodnota

m.	DD	spc	KP/me	KP/nc	KP/MI	PO/me	PO/nc	PO/LU	RU/me	RU/nc	RU/LI	RU/MI	MI/me	MI/nc	MI/RU	průměr
m1	12		90,3%	98,0%	103,4%	75,6%	82,6%	88,2%	50,0%	60,2%	44,8%	63,8%	42,2%	47,3%	52,3%	69,1%
m1	12	RCh	89,9%	97,1%	102,6%	75,5%	82,7%	86,8%	49,6%	59,2%	44,3%	63,2%	42,3%	47,5%	51,3%	68,6%
m1	12	DCh	85,4%	91,7%	94,8%	67,3%	74,4%	82,9%	48,8%	58,4%	44,8%	60,4%	40,2%	46,0%	49,5%	65,0%
m1	12	RDCh	84,8%	90,2%	93,1%	66,6%	73,6%	81,2%	48,4%	56,9%	44,3%	59,2%	40,0%	46,0%	48,3%	64,0%
m1	36		89,7%	97,8%	102,5%	74,5%	82,3%	87,1%	49,8%	59,9%	44,2%	63,0%	41,9%	47,1%	52,0%	68,6%
m1	36	RCh	89,3%	96,9%	101,8%	74,3%	82,7%	85,8%	49,5%	58,8%	43,8%	62,5%	42,0%	47,4%	51,0%	68,1%
m1	36	DCh	84,8%	91,4%	93,9%	66,0%	74,2%	81,9%	48,6%	58,0%	44,0%	59,6%	39,9%	45,9%	49,1%	64,4%
m1	36	RDCh	84,3%	90,5%	92,5%	65,2%	73,9%	80,5%	48,3%	56,8%	43,7%	58,6%	39,8%	46,6%	48,1%	63,7%
m2	36		89,8%	98,0%	102,1%	74,6%	82,2%	87,2%	50,2%	60,1%	44,4%	62,5%	42,1%	47,1%	52,1%	68,7%
m2	36	RCh	89,7%	97,2%	101,5%	74,6%	82,5%	85,9%	50,0%	59,3%	44,1%	61,9%	42,3%	47,4%	51,1%	68,3%
m2	36	DCh	85,1%	91,8%	93,6%	66,2%	74,3%	82,0%	49,2%	58,4%	44,3%	59,0%	40,1%	45,8%	49,2%	64,5%
m2	36	RDCh	84,8%	90,8%	92,1%	65,5%	73,7%	80,6%	49,3%	57,5%	44,3%	58,0%	40,2%	46,4%	48,3%	64,0%
m1	36	m20	89,7%	97,8%	102,5%	74,5%	82,3%	87,1%	49,8%	60,0%	44,2%	62,9%	41,9%	47,1%	52,0%	68,6%
m1	36	m50	89,7%	97,7%	102,7%	74,6%	82,4%	87,6%	49,9%	60,0%	44,3%	63,3%	42,0%	47,3%	52,0%	68,7%
m1	36	m100	92,0%	99,0%	104,2%	75,7%	83,2%	89,5%	50,8%	60,5%	45,2%	64,9%	43,0%	48,0%	53,2%	69,9%
m1	36	v10	89,6%	97,7%	102,4%	74,5%	82,3%	87,1%	49,7%	59,7%	44,2%	63,0%	41,8%	47,0%	51,8%	68,5%
m1	36	v100	89,7%	98,1%	102,5%	74,5%	82,7%	87,3%	50,0%	60,0%	44,2%	63,1%	42,0%	47,3%	52,0%	68,7%
m1	360		90,3%	103,6%	102,8%	74,9%	87,3%	88,5%	50,3%	64,0%	44,5%	63,2%	42,4%	52,6%	53,1%	70,6%
průměr			88,3%	95,8%	99,5%	71,9%	80,0%	85,4%	49,6%	59,3%	44,3%	61,8%	41,4%	47,2%	50,9%	67,3%
Nulová m.			124,8%	124,6%	125,4%	102,3%	102,3%	102,2%	88,2%	88,2%	88,4%	88,2%	69,5%	69,5%	69,5%	95,6%



Graf 1: Poměr k průměru z porovnávaných variant



Graf 2: Poměr k výsledku pro standardní metodu m1_36

Příloha 5: Porovnání variant minimálního počtu dat v kategorii

vysvětlivky

sloupce

	cílová řada	referenční řada
KP/me	Kopisty	MERRA, modelový vítr ve výšce 10 m nad zemí
KP/nc	Kopisty	NCEP/NCAR, geostrofický vítr na hladině 925 hPa
KP/MI	Kopisty	Milešovka
PO/me	Ostrava-Poruba	MERRA, modelový vítr ve výšce 10 m nad zemí
PO/nc	Ostrava-Poruba	NCEP/NCAR, geostrofický vítr na hladině 925 hPa
PO/LU	Ostrava-Poruba	Luká
RU/me	Praha-Ruzyně	MERRA, modelový vítr ve výšce 10 m nad zemí
RU/nc	Praha-Ruzyně	NCEP/NCAR, geostrofický vítr na hladině 925 hPa
RU/LI	Praha-Ruzyně	Praha-Libuš
RU/MI	Praha-Ruzyně	Milešovka
MI/me	Milešovka	MERRA, modelový vítr ve výšce 10 m nad zemí
MI/nc	Milešovka	NCEP/NCAR, geostrofický vítr na hladině 925 hPa
MI/RU	Milešovka	Praha-Ruzyně

m. typ metody

DD počet uvažovaných sektorů směrů větru

spc odlišnost od standardní metody

N minimální počet dat v kategorii

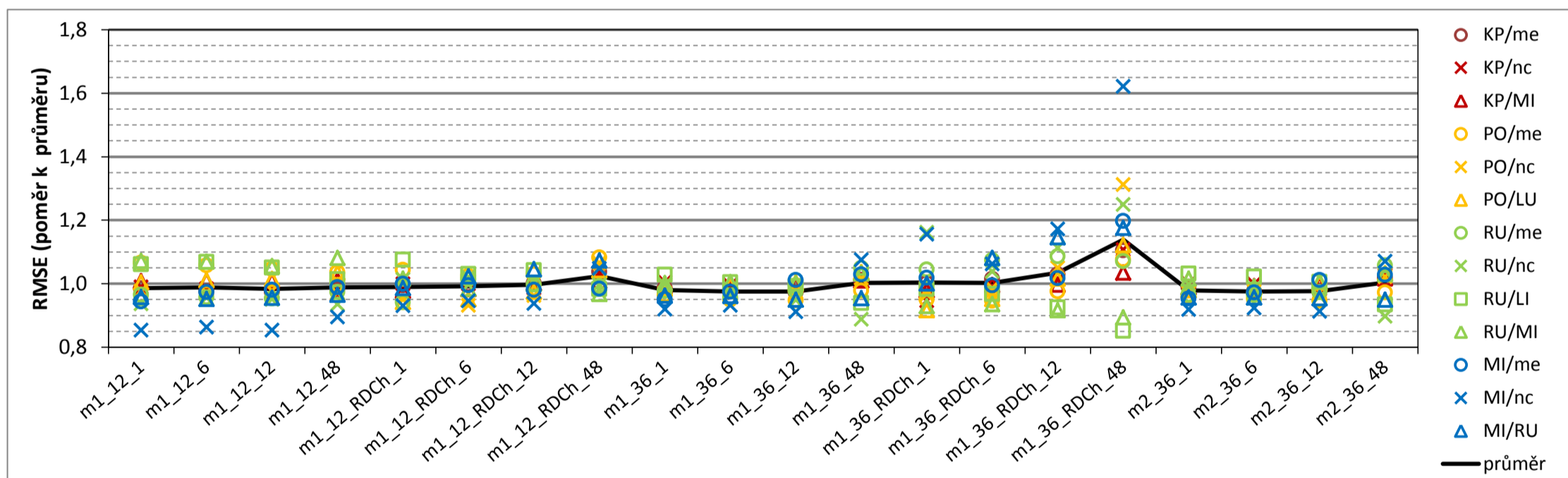
řádky

m.	DD	spc	N	zkráceně	název metody
m1	12		0		Metoda 1, bez slučování kategorií
m1	12		1	m1_12_1	Metoda 1, postačuje jediný termín v kategorii
m1	12		6	m1_12_6	Metoda 1, minimum 6 termínů v kategorii
m1	12		12	m1_12_12	Metoda 1, minimum 12 termínů v kategorii
m1	12		48	m1_12_48	Metoda 1, minimum 48 termínů v kategorii
m1	12	RDCh	0		Metoda 1, bez slučování kategorií
m1	12	RDCh	1	m1_12_RDCh_1	Metoda 1, postačuje jediný termín v kategorii
m1	12	RDCh	6	m1_12_RDCh_6	Metoda 1, minimum 6 termínů v kategorii
m1	12	RDCh	12	m1_12_RDCh_12	Metoda 1, minimum 12 termínů v kategorii
m1	12	RDCh	48	m1_12_RDCh_48	Metoda 1, minimum 48 termínů v kategorii
m1	36		0		Metoda 1, bez slučování kategorií
m1	36		1	m1_36_1	Metoda 1, postačuje jediný termín v kategorii
m1	36		6	m1_36_6	Metoda 1, minimum 6 termínů v kategorii
m1	36		12	m1_36_12	Metoda 1, minimum 12 termínů v kategorii
m1	36		48	m1_36_48	Metoda 1, minimum 48 termínů v kategorii
m1	36	RDCh	0		Metoda 1, bez slučování kategorií
m1	36	RDCh	1	m1_36_RDCh_1	Metoda 1, postačuje jediný termín v kategorii
m1	36	RDCh	6	m1_36_RDCh_6	Metoda 1, minimum 6 termínů v kategorii
m1	36	RDCh	12	m1_36_RDCh_12	Metoda 1, minimum 12 termínů v kategorii
m1	36	RDCh	48	m1_36_RDCh_48	Metoda 1, minimum 48 termínů v kategorii
m2	36		0		Metoda 1, bez slučování kategorií
m2	36		1	m2_36_12	Metoda 1, postačuje jediný termín v kategorii
m2	36		6	m2_36_6	Metoda 1, minimum 6 termínů v kategorii
m2	36		12	m2_36_12	Metoda 1, minimum 12 termínů v kategorii
m2	36		48	m2_36_48	Metoda 1, minimum 48 termínů v kategorii
<i>Nulová metoda</i>					Nulová metoda

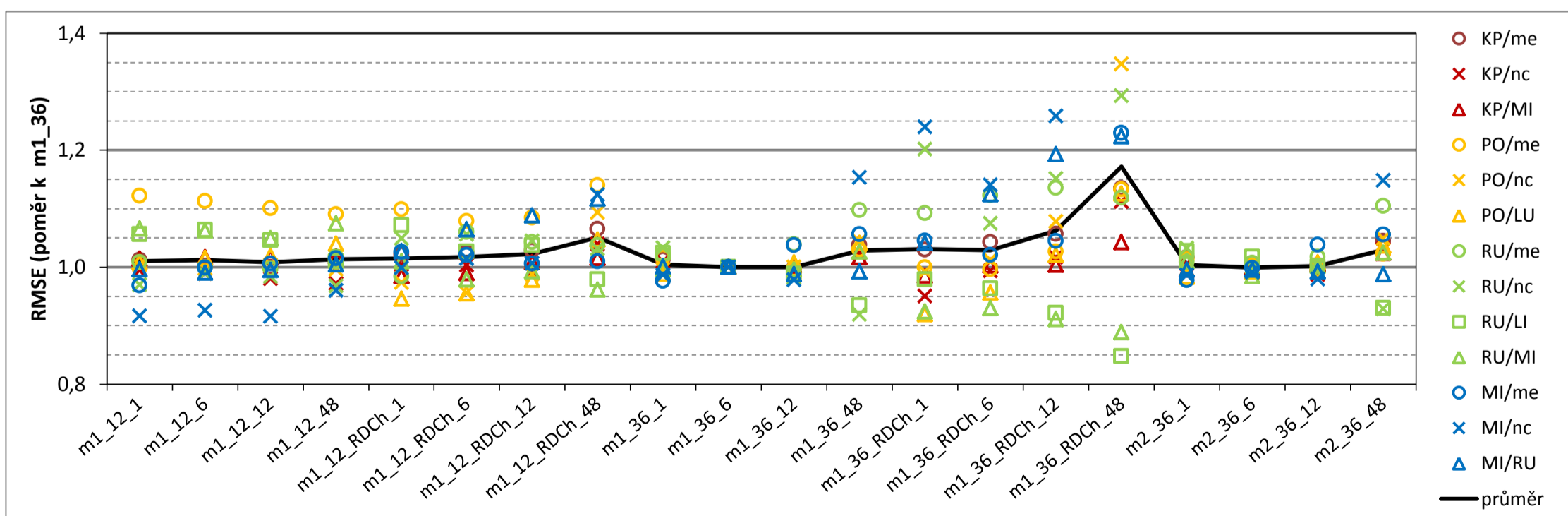
Příloha 5: Porovnání variant minimálního počtu dat v kategorii

kritérium: **h1** - chyba simulace průměrné rychlosti větru (% skutečné rychlosti větru na cílové řadě)
 ukazatel: **RMSE** - střední kvadratická chyba

m.	DD	spc	N	KP/me	KP/nc	KP/MI	PO/me	PO/nc	PO/LU	RU/me	RU/nc	RU/LI	RU/MI	MI/me	MI/nc	MI/RU	průměr
m1	12		0	5,42%	6,72%	6,86%	3,89%	6,14%	7,69%	3,28%	6,15%	7,89%	4,82%	2,82%	5,91%	7,24%	5,76%
m1	12		1	5,46%	5,37%	5,92%	3,90%	4,47%	5,26%	1,21%	1,54%	1,26%	2,32%	1,38%	1,56%	1,97%	3,20%
m1	12		6	5,40%	5,34%	5,93%	3,87%	4,44%	5,30%	1,20%	1,57%	1,27%	2,31%	1,42%	1,58%	1,96%	3,20%
m1	12		12	5,39%	5,30%	5,93%	3,83%	4,47%	5,32%	1,19%	1,56%	1,25%	2,28%	1,43%	1,56%	1,96%	3,19%
m1	12		48	5,44%	5,25%	5,94%	3,79%	4,43%	5,42%	1,22%	1,53%	1,21%	2,34%	1,45%	1,64%	1,98%	3,20%
m1	12	RDCh	0	6,20%	8,51%	7,04%	4,44%	8,01%	8,33%	4,51%	8,13%	8,57%	5,33%	3,70%	7,69%	8,13%	6,81%
m1	12	RDCh	1	5,51%	5,42%	5,74%	3,82%	4,34%	4,94%	1,18%	1,66%	1,28%	2,20%	1,46%	1,70%	2,03%	3,18%
m1	12	RDCh	6	5,53%	5,42%	5,77%	3,75%	4,26%	4,98%	1,27%	1,67%	1,23%	2,13%	1,46%	1,73%	2,10%	3,18%
m1	12	RDCh	12	5,55%	5,35%	5,88%	3,77%	4,40%	5,10%	1,25%	1,66%	1,24%	2,16%	1,43%	1,72%	2,15%	3,20%
m1	12	RDCh	48	5,75%	5,61%	5,92%	3,96%	4,87%	5,46%	1,24%	1,63%	1,17%	2,09%	1,44%	1,92%	2,21%	3,33%
m1	36		0	5,61%	8,32%	6,93%	4,06%	7,45%	8,08%	3,67%	7,85%	8,21%	5,04%	3,11%	7,36%	7,67%	6,41%
m1	36		1	5,46%	5,46%	5,83%	3,53%	4,44%	5,16%	1,22%	1,64%	1,23%	2,17%	1,39%	1,68%	1,98%	3,17%
m1	36		6	5,40%	5,40%	5,83%	3,48%	4,45%	5,22%	1,20%	1,58%	1,20%	2,17%	1,43%	1,71%	1,98%	3,16%
m1	36		12	5,38%	5,35%	5,85%	3,47%	4,45%	5,26%	1,24%	1,56%	1,18%	2,16%	1,48%	1,67%	1,95%	3,15%
m1	36		48	5,60%	5,53%	5,93%	3,58%	4,65%	5,43%	1,31%	1,46%	1,12%	2,23%	1,51%	1,97%	1,96%	3,25%
m1	36	RDCh	0	8,38%	15,72%	8,44%	6,38%	15,22%	10,26%	6,60%	15,34%	10,24%	7,12%	6,23%	14,76%	9,74%	10,34%
m1	36	RDCh	1	5,55%	5,13%	5,75%	3,48%	4,42%	4,80%	1,31%	1,90%	1,17%	2,01%	1,49%	2,12%	2,06%	3,17%
m1	36	RDCh	6	5,62%	5,37%	5,85%	3,47%	4,51%	4,99%	1,34%	1,70%	1,15%	2,02%	1,46%	1,95%	2,22%	3,20%
m1	36	RDCh	12	5,70%	5,49%	5,86%	3,57%	4,80%	5,32%	1,36%	1,82%	1,10%	1,98%	1,49%	2,15%	2,36%	3,31%
m1	36	RDCh	48	6,12%	6,01%	6,08%	3,94%	6,00%	5,87%	1,34%	2,05%	1,01%	1,93%	1,75%	2,97%	2,42%	3,65%
m2	36		0	5,59%	8,33%	6,95%	4,04%	7,46%	8,04%	3,68%	7,83%	8,21%	5,00%	3,11%	7,37%	7,68%	6,41%
m2	36		1	5,49%	5,43%	5,81%	3,52%	4,44%	5,13%	1,21%	1,64%	1,23%	2,20%	1,39%	1,68%	1,97%	3,16%
m2	36		6	5,41%	5,43%	5,83%	3,49%	4,46%	5,18%	1,21%	1,58%	1,22%	2,14%	1,42%	1,69%	1,97%	3,15%
m2	36		12	5,41%	5,33%	5,86%	3,46%	4,46%	5,26%	1,22%	1,57%	1,20%	2,18%	1,48%	1,67%	1,96%	3,16%
m2	36		48	5,64%	5,57%	5,97%	3,56%	4,67%	5,41%	1,32%	1,47%	1,11%	2,23%	1,50%	1,96%	1,95%	3,26%
průměr				5,54%	5,43%	5,88%	3,66%	4,57%	5,24%	1,25%	1,64%	1,19%	2,16%	1,46%	1,83%	2,06%	3,22%
<i>Nulová metoda</i>				7,87%	7,86%	7,84%	5,73%	5,74%	5,82%	6,33%	6,22%	6,27%	6,39%	5,21%	5,20%	5,27%	6,29%



Graf 1: Poměr k průměru z porovnávaných variant (varianty 0 nejsou uvažovány)

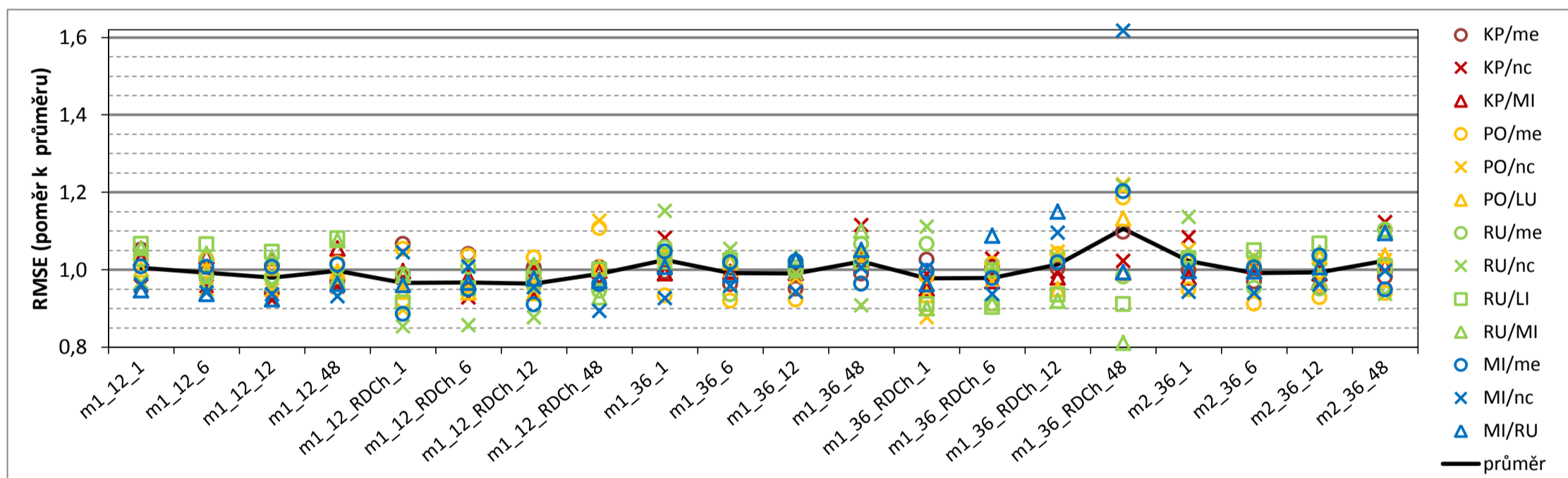


Graf 2: Poměr k výsledku pro standardní metodu m1_36 (varianty 0 nejsou uvažovány; výsledek MI/nc pro m1_36_RDCh_48 je mimo měřítko)

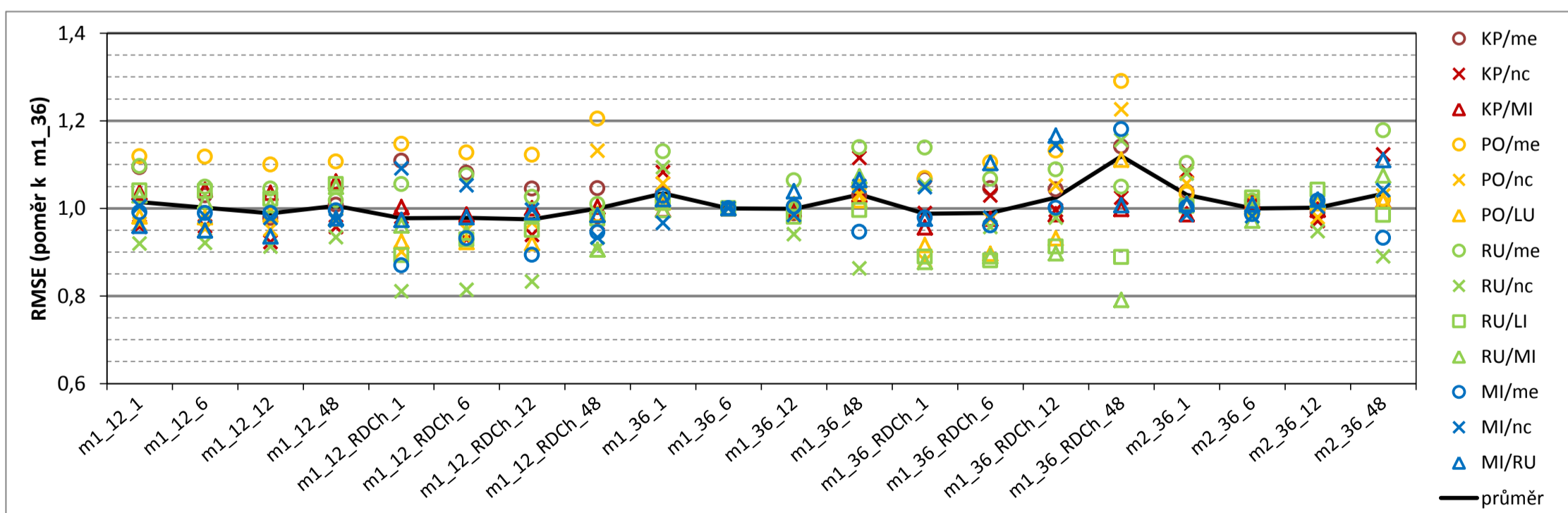
Příloha 5: Porovnání variant minimálního počtu dat v kategorii

kritérium: **h1** - chyba simulace průměrné rychlosti větru (% skutečné rychlosti větru na cílové řadě)
 ukazatel: **absmax** - nejvyšší absolutní hodnota chyby

m.	DD	spc	N	KP/me	KP/nc	KP/MI	PO/me	PO/nc	PO/LU	RU/me	RU/nc	RU/LI	RU/MI	MI/me	MI/nc	MI/RU	průměr
m1	12		0	14,4%	17,1%	18,8%	10,9%	13,6%	16,9%	6,8%	9,3%	10,0%	9,7%	5,5%	9,3%	10,2%	11,7%
m1	12		1	12,4%	9,7%	14,8%	8,4%	10,5%	10,1%	3,2%	4,3%	3,0%	6,1%	3,4%	4,4%	4,7%	7,3%
m1	12		6	11,7%	9,7%	14,9%	8,4%	10,4%	10,1%	3,0%	4,3%	3,0%	6,0%	3,4%	4,3%	4,6%	7,2%
m1	12		12	11,1%	9,3%	14,8%	8,3%	10,4%	10,1%	3,0%	4,2%	2,9%	6,0%	3,4%	4,3%	4,6%	7,1%
m1	12		48	11,5%	9,7%	15,1%	8,3%	10,6%	10,0%	2,9%	4,3%	3,0%	6,2%	3,4%	4,3%	4,8%	7,3%
m1	12	RDCh	0	16,2%	18,4%	19,0%	11,3%	16,1%	16,5%	8,1%	12,5%	10,9%	9,9%	5,7%	11,6%	11,3%	12,9%
m1	12	RDCh	1	12,6%	9,9%	14,3%	8,6%	9,8%	9,5%	3,1%	3,8%	2,6%	5,7%	3,0%	4,8%	4,8%	7,1%
m1	12	RDCh	6	12,3%	9,4%	14,1%	8,5%	10,4%	9,5%	3,1%	3,8%	2,7%	5,6%	3,2%	4,6%	4,8%	7,1%
m1	12	RDCh	12	11,9%	9,5%	14,3%	8,4%	10,5%	9,5%	3,0%	3,9%	2,7%	5,9%	3,1%	4,4%	4,8%	7,1%
m1	12	RDCh	48	11,9%	9,8%	14,3%	9,0%	12,3%	10,1%	2,9%	4,2%	2,8%	5,4%	3,2%	4,1%	4,8%	7,3%
m1	36		0	14,6%	19,3%	18,5%	10,5%	15,2%	17,5%	6,9%	11,5%	10,3%	10,0%	5,9%	11,2%	10,6%	12,5%
m1	36		1	11,7%	11,0%	14,2%	7,6%	11,5%	10,4%	3,3%	5,1%	2,9%	5,9%	3,5%	4,3%	5,0%	7,4%
m1	36		6	11,4%	10,1%	14,3%	7,5%	10,9%	10,3%	2,9%	4,6%	2,9%	6,0%	3,4%	4,4%	4,9%	7,2%
m1	36		12	11,2%	10,0%	14,2%	7,5%	10,7%	10,4%	3,1%	4,4%	2,8%	6,0%	3,4%	4,3%	5,1%	7,2%
m1	36		48	11,7%	11,3%	14,7%	7,9%	11,3%	10,5%	3,3%	4,0%	2,9%	6,4%	3,2%	4,6%	5,2%	7,5%
m1	36	RDCh	0	20,6%	26,5%	20,2%	13,4%	23,1%	19,0%	10,6%	21,9%	13,4%	11,9%	8,6%	20,4%	13,7%	17,2%
m1	36	RDCh	1	12,1%	10,0%	13,7%	8,0%	9,6%	9,4%	3,3%	4,9%	2,5%	5,2%	3,3%	4,6%	4,8%	7,0%
m1	36	RDCh	6	11,9%	10,4%	13,9%	8,3%	10,6%	9,2%	3,1%	4,4%	2,5%	5,3%	3,3%	4,3%	5,4%	7,1%
m1	36	RDCh	12	11,9%	10,1%	14,1%	8,5%	11,5%	9,6%	3,1%	4,5%	2,6%	5,3%	3,4%	5,0%	5,7%	7,3%
m1	36	RDCh	48	13,0%	10,4%	14,3%	9,7%	13,4%	11,4%	3,0%	5,4%	2,5%	4,7%	4,0%	7,5%	4,9%	8,0%
m2	36		0	14,3%	19,5%	19,1%	10,7%	15,4%	17,7%	7,0%	11,4%	10,3%	9,9%	6,0%	11,2%	10,8%	12,5%
m2	36		1	11,8%	11,0%	14,1%	7,7%	11,5%	10,4%	3,2%	5,0%	2,9%	6,0%	3,4%	4,3%	4,9%	7,4%
m2	36		6	11,5%	10,1%	14,5%	7,4%	11,1%	10,3%	2,9%	4,6%	2,9%	5,8%	3,4%	4,3%	4,9%	7,2%
m2	36		12	11,3%	9,8%	14,2%	7,6%	10,7%	10,4%	2,9%	4,4%	3,0%	6,1%	3,5%	4,4%	5,0%	7,2%
m2	36		48	11,6%	11,4%	14,5%	7,7%	11,2%	10,4%	3,4%	4,1%	2,8%	6,4%	3,2%	4,6%	5,4%	7,4%
průměr				11,8%	10,1%	14,4%	8,2%	10,9%	10,1%	3,1%	4,4%	2,8%	5,8%	3,4%	4,6%	5,0%	7,3%
<i>Nulová metoda</i>				18,5%	18,9%	19,0%	11,0%	11,1%	11,8%	12,8%	12,4%	12,4%	12,5%	12,9%	13,2%	13,3%	13,8%



Graf 1: Poměr k průměru z porovnávaných variant (varianty 0 nejsou uvažovány)

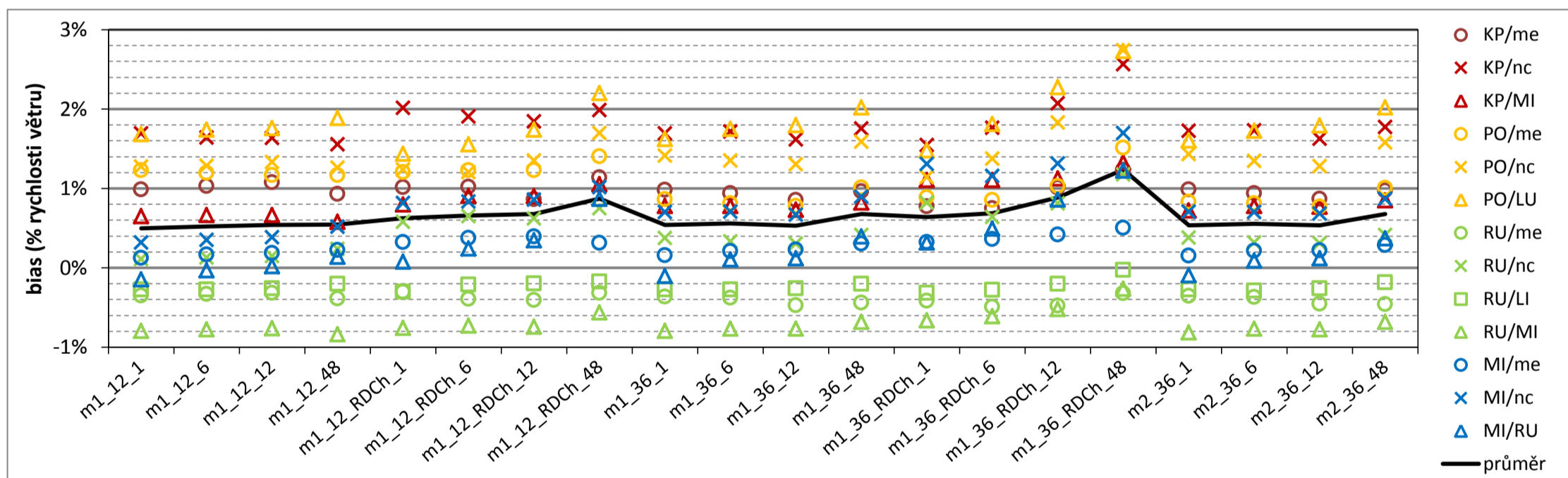


Graf 2: Poměr k výsledku pro standardní metodu m1_36 (varianty 0 nejsou uvažovány; výsledek MI/nc pro m1_36_RDCh_48 je mimo měřítko)

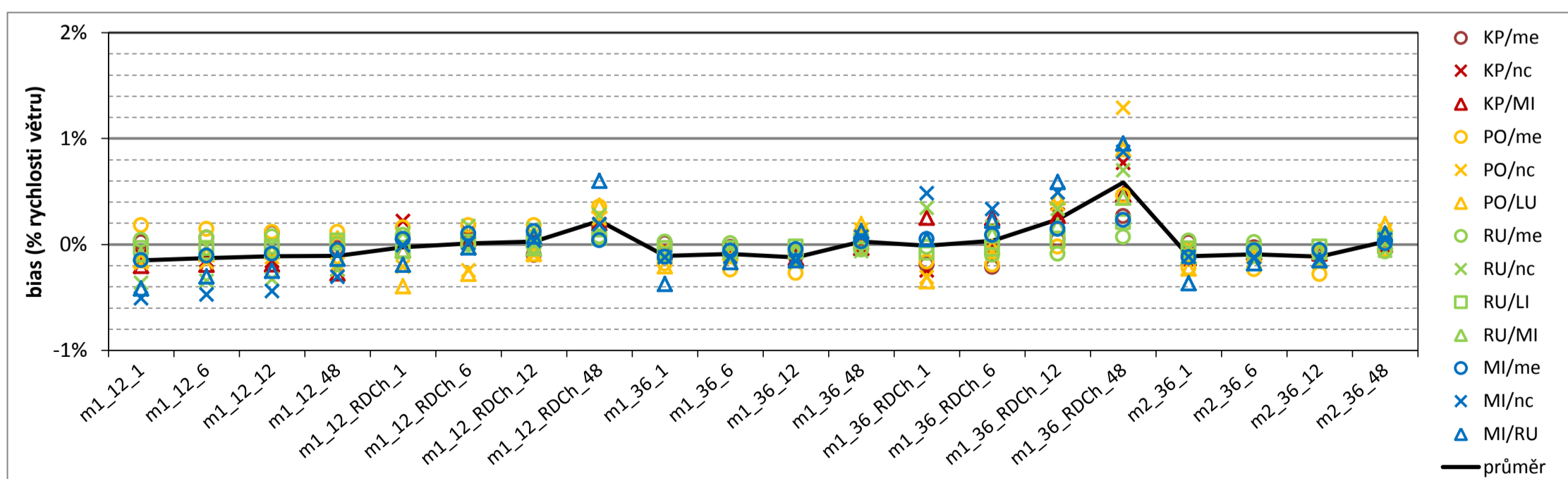
Příloha 5: Porovnání variant minimálního počtu dat v kategorii

kritérium: h1 - chyba simulace průměrné rychlosti větru (% skutečné rychlosti větru na cílové řadě)
 ukazatel: bias - systematická chyba

m.	DD	spc	N	KP/me	KP/nc	KP/MI	PO/me	PO/nc	PO/LU	RU/me	RU/nc	RU/LI	RU/MI	MI/me	MI/nc	MI/RU	průměr
m1	12		0	-1,74%	-4,74%	-3,73%	-1,51%	-4,59%	-6,21%	-3,00%	-5,90%	-7,80%	-4,29%	-2,45%	-5,71%	-7,10%	-4,52%
m1	12		1	0,99%	1,69%	0,65%	1,23%	1,27%	1,68%	-0,35%	0,11%	-0,27%	-0,80%	0,12%	0,32%	-0,15%	0,50%
m1	12		6	1,03%	1,64%	0,66%	1,19%	1,28%	1,74%	-0,33%	0,13%	-0,27%	-0,78%	0,17%	0,35%	-0,03%	0,52%
m1	12		12	1,08%	1,64%	0,67%	1,17%	1,33%	1,76%	-0,32%	0,15%	-0,26%	-0,76%	0,18%	0,38%	0,02%	0,54%
m1	12		48	0,93%	1,55%	0,58%	1,17%	1,26%	1,89%	-0,39%	0,24%	-0,20%	-0,84%	0,22%	0,52%	0,14%	0,54%
m1	12	RDCh	0	-3,06%	-6,97%	-4,31%	-2,79%	-7,06%	-7,20%	-4,27%	-7,87%	-8,48%	-4,90%	-3,49%	-7,51%	-7,97%	-5,84%
m1	12	RDCh	1	1,02%	2,01%	0,80%	1,21%	1,24%	1,43%	-0,30%	0,58%	-0,30%	-0,76%	0,32%	0,82%	0,08%	0,63%
m1	12	RDCh	6	1,02%	1,91%	0,91%	1,23%	1,20%	1,55%	-0,39%	0,65%	-0,21%	-0,73%	0,37%	0,83%	0,24%	0,66%
m1	12	RDCh	12	0,87%	1,85%	0,90%	1,23%	1,35%	1,74%	-0,41%	0,62%	-0,20%	-0,74%	0,40%	0,86%	0,35%	0,68%
m1	12	RDCh	48	1,14%	1,98%	1,05%	1,40%	1,70%	2,20%	-0,32%	0,75%	-0,18%	-0,56%	0,31%	1,01%	0,87%	0,87%
m1	36		0	-2,22%	-6,64%	-3,97%	-2,48%	-6,37%	-6,74%	-3,44%	-7,60%	-8,12%	-4,58%	-2,86%	-7,23%	-7,54%	-5,37%
m1	36		1	0,98%	1,69%	0,78%	0,86%	1,41%	1,62%	-0,37%	0,37%	-0,27%	-0,79%	0,16%	0,70%	-0,10%	0,54%
m1	36		6	0,94%	1,72%	0,78%	0,81%	1,35%	1,75%	-0,38%	0,33%	-0,27%	-0,77%	0,21%	0,71%	0,10%	0,56%
m1	36		12	0,85%	1,62%	0,73%	0,78%	1,30%	1,80%	-0,47%	0,30%	-0,26%	-0,77%	0,23%	0,67%	0,12%	0,53%
m1	36		48	0,96%	1,75%	0,82%	1,01%	1,59%	2,02%	-0,44%	0,41%	-0,20%	-0,68%	0,30%	0,89%	0,39%	0,68%
m1	36	RDCh	0	-6,30%	-14,99%	-6,30%	-5,62%	-14,76%	-9,40%	-6,39%	-15,15%	-10,13%	-6,82%	-6,11%	-14,63%	-9,60%	-9,71%
m1	36	RDCh	1	0,77%	1,55%	1,11%	0,88%	1,14%	1,48%	-0,42%	0,82%	-0,32%	-0,66%	0,32%	1,31%	0,32%	0,64%
m1	36	RDCh	6	0,75%	1,76%	1,10%	0,85%	1,37%	1,81%	-0,49%	0,64%	-0,28%	-0,61%	0,36%	1,16%	0,49%	0,69%
m1	36	RDCh	12	1,01%	2,07%	1,12%	1,03%	1,83%	2,27%	-0,48%	0,81%	-0,20%	-0,52%	0,42%	1,31%	0,86%	0,89%
m1	36	RDCh	48	1,23%	2,56%	1,33%	1,51%	2,74%	2,73%	-0,32%	1,18%	-0,03%	-0,26%	0,50%	1,70%	1,22%	1,24%
m2	36		0	-2,19%	-6,65%	-4,01%	-2,44%	-6,36%	-6,73%	-3,45%	-7,58%	-8,12%	-4,56%	-2,86%	-7,23%	-7,54%	-5,36%
m2	36		1	0,99%	1,73%	0,72%	0,83%	1,43%	1,60%	-0,36%	0,38%	-0,28%	-0,81%	0,15%	0,71%	-0,10%	0,54%
m2	36		6	0,94%	1,73%	0,78%	0,81%	1,35%	1,73%	-0,37%	0,32%	-0,29%	-0,77%	0,22%	0,70%	0,09%	0,56%
m2	36		12	0,87%	1,63%	0,77%	0,77%	1,28%	1,79%	-0,45%	0,31%	-0,26%	-0,78%	0,22%	0,68%	0,12%	0,53%
m2	36		48	0,97%	1,77%	0,85%	1,00%	1,58%	2,02%	-0,46%	0,41%	-0,18%	-0,68%	0,28%	0,87%	0,37%	0,68%
průměr				0,97%	1,79%	0,86%	1,05%	1,45%	1,83%	-0,39%	0,48%	-0,24%	-0,70%	0,27%	0,82%	0,27%	0,65%
<i>Nulová metoda</i>				<i>-0,04%</i>	<i>0,03%</i>	<i>0,19%</i>	<i>1,22%</i>	<i>1,16%</i>	<i>1,11%</i>	<i>-0,85%</i>	<i>-0,88%</i>	<i>-0,99%</i>	<i>-0,97%</i>	<i>-0,24%</i>	<i>-0,28%</i>	<i>-0,29%</i>	<i>-0,06%</i>



Graf 1: shodné s tabulkou (varianty 0 nejsou uvažovány)

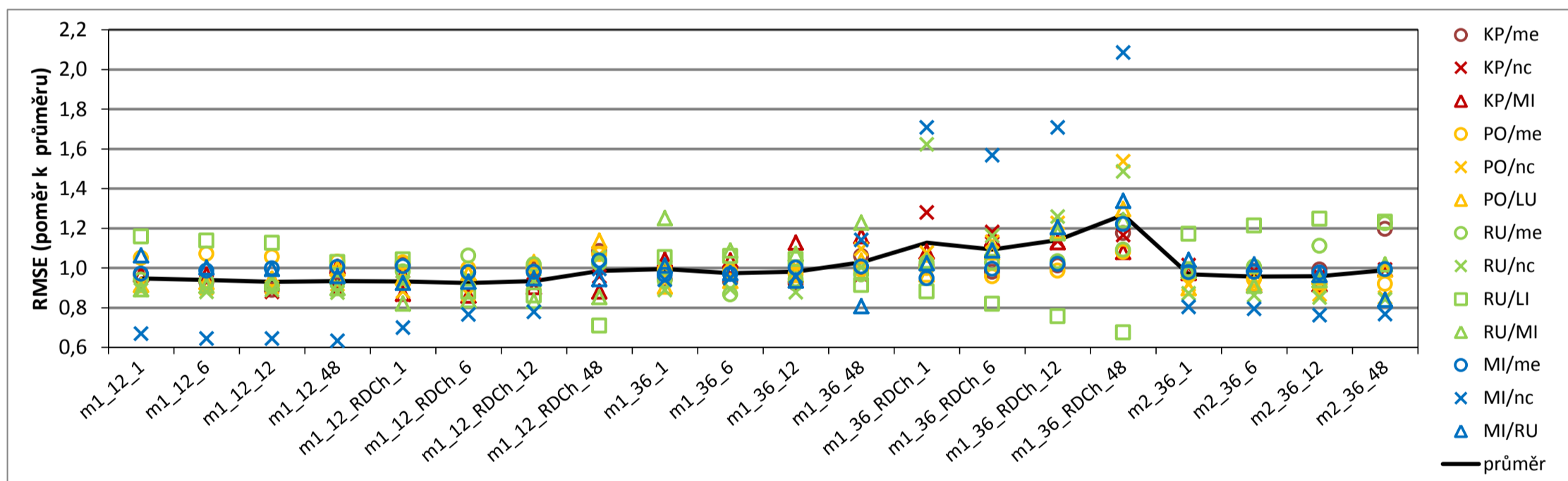


Graf 2: Odchylka od průměru z porovnávaných variant (varianty 0 nejsou uvažovány)

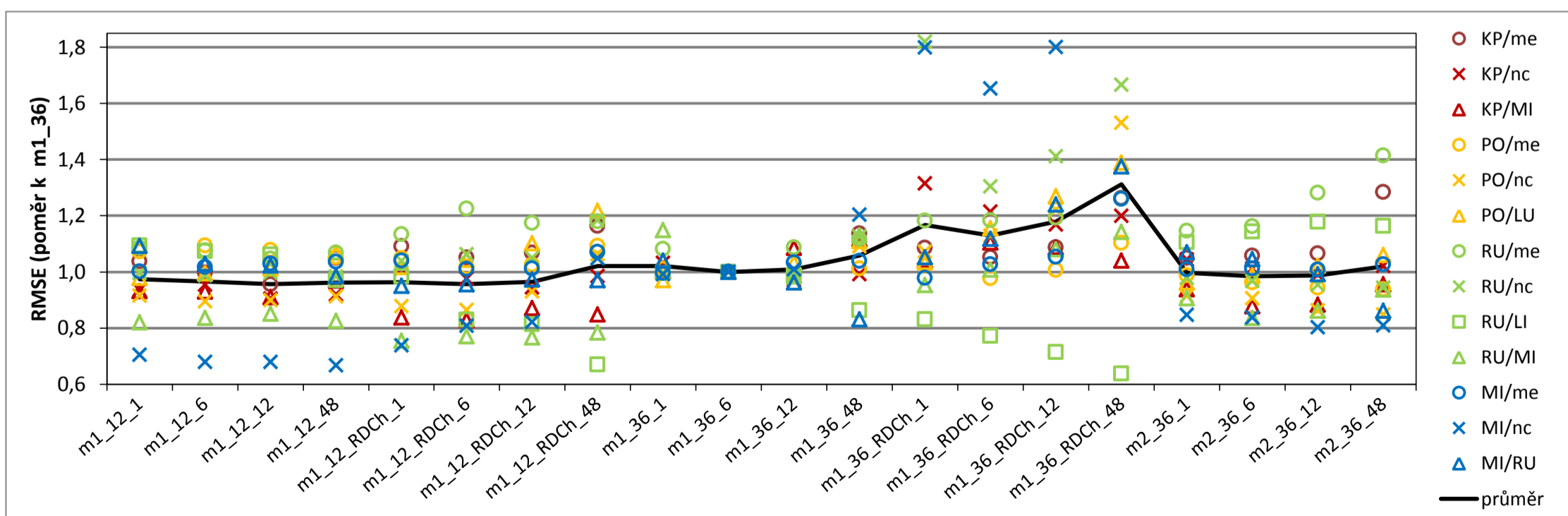
Příloha 5: Porovnání variant minimálního počtu dat v kategorii

kritérium: **h2** - chyba simulace průměrné hustoty výkonu (% skutečné hustoty výkonu větru na cílové řadě)
 ukazatel: **RMSE** - střední kvadratická chyba

m.	DD	spc	N	KP/me	KP/nc	KP/MI	PO/me	PO/nc	PO/LU	RU/me	RU/nc	RU/LI	RU/MI	MI/me	MI/nc	MI/RU	průměr
m1	12		0	8,4%	10,4%	13,3%	11,4%	10,5%	14,1%	5,1%	7,5%	7,6%	9,3%	4,9%	6,5%	8,8%	9,1%
m1	12		1	7,9%	9,3%	12,8%	12,2%	13,0%	16,2%	3,9%	5,2%	5,0%	6,9%	4,0%	4,5%	5,8%	8,2%
m1	12		6	7,6%	9,5%	12,8%	12,4%	12,7%	16,5%	3,9%	5,1%	5,0%	7,1%	4,0%	4,4%	5,5%	8,2%
m1	12		12	7,3%	9,0%	12,5%	12,2%	12,7%	16,8%	3,7%	5,2%	4,9%	7,2%	4,1%	4,4%	5,4%	8,1%
m1	12		48	8,0%	9,2%	13,3%	11,9%	12,9%	17,7%	3,8%	5,1%	4,5%	7,0%	4,1%	4,3%	5,3%	8,2%
m1	12	RDCh	0	9,7%	12,1%	13,5%	11,0%	10,0%	14,3%	7,2%	10,2%	8,8%	9,7%	5,8%	8,0%	10,2%	10,0%
m1	12	RDCh	1	8,3%	10,1%	11,5%	11,9%	12,4%	16,9%	4,1%	5,4%	4,5%	6,4%	4,1%	4,8%	5,1%	8,1%
m1	12	RDCh	6	8,0%	9,8%	11,4%	11,5%	12,2%	17,3%	4,4%	5,5%	3,8%	6,5%	4,0%	5,2%	5,1%	8,1%
m1	12	RDCh	12	8,2%	9,4%	11,9%	11,6%	13,2%	18,3%	4,2%	5,5%	3,7%	6,5%	4,0%	5,3%	5,2%	8,2%
m1	12	RDCh	48	8,9%	9,8%	11,6%	12,4%	15,1%	20,2%	4,2%	6,2%	3,1%	6,6%	4,3%	6,8%	5,2%	8,8%
m1	36		0	8,9%	13,8%	13,1%	10,6%	10,2%	14,2%	5,6%	10,7%	8,1%	9,7%	5,3%	8,3%	9,5%	9,8%
m1	36		1	7,7%	10,3%	13,8%	11,5%	14,1%	16,1%	3,9%	5,2%	4,6%	9,7%	4,0%	6,4%	5,5%	8,7%
m1	36		6	7,6%	10,0%	13,7%	11,3%	14,2%	16,6%	3,6%	5,2%	4,6%	8,4%	4,0%	6,4%	5,3%	8,5%
m1	36		12	7,6%	9,7%	14,9%	11,2%	14,3%	17,1%	3,9%	5,1%	4,5%	8,3%	4,1%	6,5%	5,1%	8,6%
m1	36		48	8,7%	9,9%	15,3%	11,5%	15,5%	18,4%	4,0%	5,9%	4,0%	9,5%	4,1%	7,8%	4,4%	9,2%
m1	36	RDCh	0	13,4%	20,2%	14,5%	10,7%	14,7%	15,2%	10,4%	17,6%	11,4%	11,5%	8,9%	14,5%	12,2%	13,5%
m1	36	RDCh	1	8,3%	13,2%	14,3%	11,6%	15,2%	17,2%	4,2%	9,5%	3,8%	8,0%	3,9%	11,6%	5,6%	9,7%
m1	36	RDCh	6	8,0%	12,1%	15,2%	11,1%	16,0%	19,2%	4,2%	6,8%	3,6%	8,5%	4,1%	10,6%	6,0%	9,6%
m1	36	RDCh	12	8,3%	11,7%	14,9%	11,4%	17,3%	21,1%	4,3%	7,4%	3,3%	9,1%	4,2%	11,6%	6,6%	10,1%
m1	36	RDCh	48	9,6%	12,0%	14,3%	12,5%	21,7%	23,0%	4,5%	8,7%	2,9%	9,6%	5,0%	14,2%	7,3%	11,2%
m2	36		0	8,9%	13,9%	13,4%	10,6%	10,2%	14,1%	5,8%	10,8%	8,2%	9,5%	5,4%	8,5%	9,6%	9,9%
m2	36		1	8,0%	10,4%	12,9%	11,2%	13,0%	16,0%	4,1%	5,1%	5,1%	7,6%	4,0%	5,5%	5,7%	8,4%
m2	36		6	8,1%	10,1%	12,0%	10,9%	12,9%	16,4%	4,2%	5,0%	5,3%	7,1%	4,0%	5,4%	5,6%	8,2%
m2	36		12	8,1%	9,9%	12,1%	10,7%	12,2%	16,9%	4,6%	5,0%	5,4%	7,3%	4,0%	5,2%	5,3%	8,2%
m2	36		48	9,8%	10,2%	13,1%	10,6%	12,0%	17,6%	5,1%	4,9%	5,4%	7,9%	4,1%	5,2%	4,6%	8,5%
průměr				8,2%	10,3%	13,2%	11,6%	14,1%	17,8%	4,1%	5,9%	4,4%	7,8%	4,1%	6,8%	5,5%	8,7%
<i>Nulová metoda</i>				24,5%	24,7%	24,9%	18,2%	18,3%	18,5%	21,5%	21,4%	21,6%	21,9%	16,6%	16,4%	16,6%	20,4%



Graf 1: Poměr k průměru z porovnávaných variant (varianty 0 nejsou uvažovány)

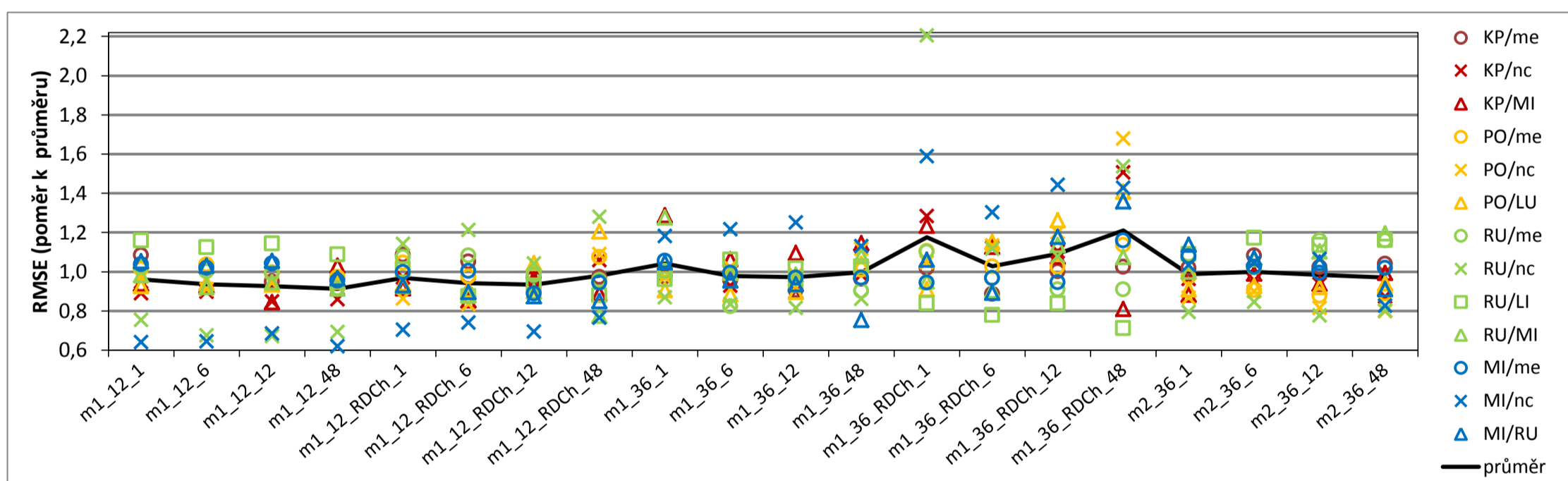


Graf 2: Poměr k výsledku pro standardní metodu m1_36 (varianty 0 nejsou uvažovány; výsledek MI/nc pro m1_36_RDCh_48 je mimo měřítko)

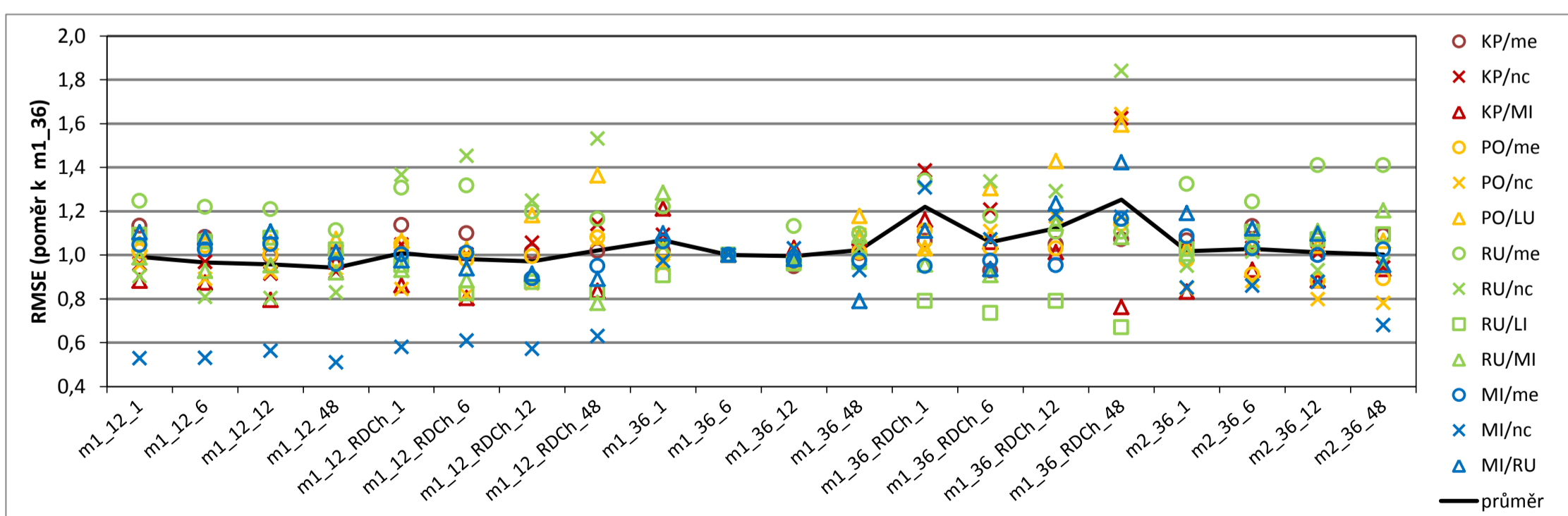
Příloha 5: Porovnání variant minimálního počtu dat v kategorii

kritérium: **h2** - chyba simulace průměrné hustoty výkonu (% skutečné hustoty výkonu větru na cílové řadě)
 ukazatel: **absmax** - nejvyšší absolutní hodnota chyby

m.	DD	spc	N	KP/me	KP/nc	KP/MI	PO/me	PO/nc	PO/LU	RU/me	RU/nc	RU/LI	RU/MI	MI/me	MI/nc	MI/RU	průměr
m1	12		0	25,1%	32,1%	36,8%	22,5%	22,7%	32,9%	13,7%	19,1%	16,3%	24,8%	11,7%	13,8%	18,7%	22,3%
m1	12		1	23,5%	20,3%	30,6%	26,0%	30,5%	27,3%	10,5%	10,6%	12,0%	18,3%	10,3%	14,1%	14,0%	19,1%
m1	12		6	22,4%	20,5%	30,3%	26,6%	28,4%	27,7%	10,3%	9,5%	11,7%	17,1%	10,1%	14,1%	13,7%	18,6%
m1	12		12	20,6%	19,3%	27,6%	25,5%	29,5%	27,5%	10,2%	9,5%	11,9%	17,6%	10,3%	15,0%	14,1%	18,3%
m1	12		48	20,9%	19,6%	33,6%	24,9%	30,0%	27,9%	9,4%	9,8%	11,3%	17,0%	9,4%	13,6%	12,9%	18,5%
m1	12	RDCh	0	27,2%	32,4%	36,3%	23,1%	25,0%	33,3%	16,6%	20,1%	19,0%	25,2%	13,2%	18,4%	19,7%	23,8%
m1	12	RDCh	1	23,6%	22,1%	29,8%	26,8%	27,0%	27,7%	11,0%	16,1%	10,5%	17,2%	9,9%	15,5%	12,4%	19,2%
m1	12	RDCh	6	22,8%	21,2%	27,8%	25,0%	26,1%	26,7%	11,1%	17,1%	9,1%	16,3%	9,9%	16,3%	11,9%	18,6%
m1	12	RDCh	12	21,1%	22,3%	31,5%	25,3%	27,8%	30,7%	10,1%	14,7%	9,6%	16,7%	8,8%	15,2%	11,6%	18,9%
m1	12	RDCh	48	21,1%	24,1%	29,0%	27,5%	34,1%	35,4%	9,8%	18,0%	9,1%	14,4%	9,3%	16,8%	11,3%	20,0%
m1	36		0	23,5%	33,9%	35,1%	24,5%	25,3%	32,5%	13,4%	21,6%	16,7%	25,3%	12,3%	16,5%	20,2%	23,1%
m1	36		1	21,2%	23,1%	42,0%	25,5%	30,4%	26,6%	10,3%	12,3%	10,0%	23,7%	10,4%	25,9%	14,0%	21,2%
m1	36		6	20,8%	21,1%	34,7%	25,5%	31,9%	26,0%	8,4%	11,8%	11,0%	18,5%	9,8%	26,7%	12,7%	19,9%
m1	36		12	19,7%	20,5%	35,8%	24,8%	30,7%	26,4%	9,5%	11,5%	10,5%	18,3%	9,6%	27,5%	12,5%	19,8%
m1	36		48	20,9%	22,4%	37,4%	25,8%	34,9%	30,6%	9,3%	12,2%	10,6%	20,1%	9,6%	24,8%	10,0%	20,7%
m1	36	RDCh	0	34,0%	41,1%	35,0%	25,4%	31,4%	34,5%	20,9%	32,3%	23,0%	27,1%	18,1%	24,8%	23,9%	28,6%
m1	36	RDCh	1	22,1%	29,3%	40,2%	28,3%	32,7%	26,8%	11,3%	31,1%	8,7%	17,6%	9,3%	34,9%	14,1%	23,6%
m1	36	RDCh	6	19,3%	25,5%	36,7%	26,3%	35,4%	33,9%	9,9%	15,7%	8,1%	16,8%	9,6%	28,6%	11,9%	21,4%
m1	36	RDCh	12	21,8%	25,1%	35,1%	26,3%	37,5%	37,1%	9,3%	15,2%	8,7%	21,1%	9,4%	31,6%	15,7%	22,6%
m1	36	RDCh	48	22,2%	34,3%	26,4%	29,1%	52,5%	41,4%	9,3%	21,7%	7,4%	20,0%	11,5%	31,3%	18,1%	25,0%
m2	36		0	23,6%	34,5%	37,5%	24,4%	25,6%	32,7%	14,1%	21,8%	16,8%	24,6%	12,4%	17,3%	20,0%	23,5%
m2	36		1	22,1%	22,0%	28,8%	24,9%	27,1%	26,8%	11,2%	11,2%	11,3%	18,6%	10,7%	22,7%	15,1%	19,4%
m2	36		6	23,5%	21,8%	32,3%	23,2%	28,1%	27,2%	10,5%	11,9%	12,2%	19,8%	10,1%	22,9%	14,2%	19,8%
m2	36		12	22,2%	21,3%	30,6%	22,5%	25,5%	27,1%	11,9%	11,0%	11,8%	20,5%	9,8%	23,4%	13,9%	19,3%
m2	36		48	22,6%	19,9%	32,4%	22,8%	24,9%	27,7%	11,9%	11,3%	12,0%	22,2%	10,1%	18,1%	12,1%	19,1%
průměr				21,7%	22,8%	32,6%	25,6%	31,2%	29,4%	10,3%	14,1%	10,4%	18,6%	9,9%	22,0%	13,3%	20,1%
<i>Nulová metoda</i>				44,1%	44,3%	45,7%	40,2%	41,2%	43,6%	40,2%	38,2%	39,1%	40,3%	33,1%	33,8%	33,5%	39,8%



Graf 1: Poměr k průměru z porovnávaných variant (varianty 0 nejsou uvažovány)

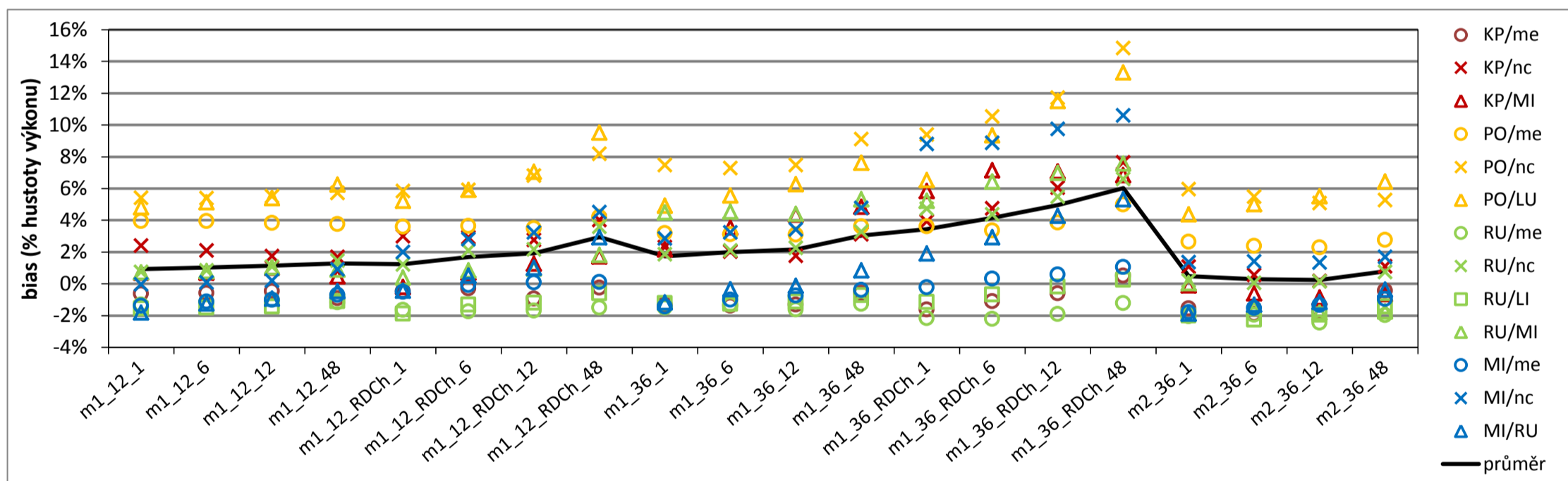


Graf 2: Poměr k výsledku pro standardní metodu m1_36 (varianty 0 nejsou uvažovány; výsledek RU/nc pro m1_36_RDCh_1 je mimo měřítko)

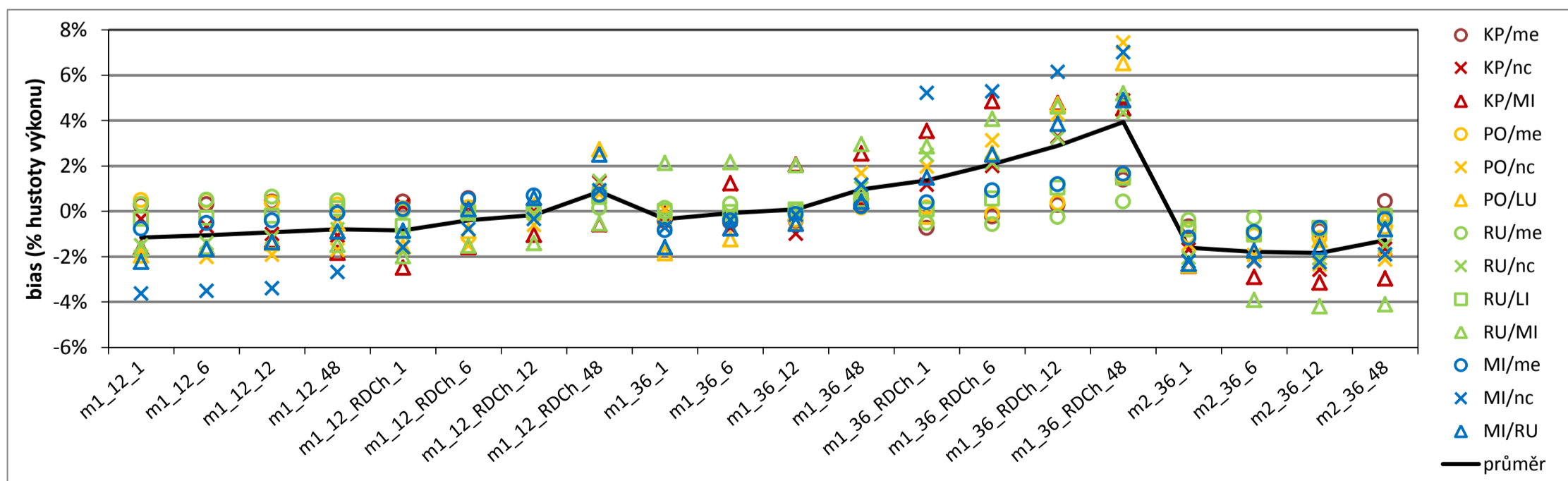
Příloha 5: Porovnání variant minimálního počtu dat v kategorii

kritérium: h2 - chyba simulace průměrné hustoty výkonu (% skutečné hustoty výkonu větru na cílové řadě)
 ukazatel: bias - systematická chyba

m.	DD	spc	N	KP/me	KP/nc	KP/MI	PO/me	PO/nc	PO/LU	RU/me	RU/nc	RU/LI	RU/MI	MI/me	MI/nc	MI/RU	průměr
m1	12		0	-2,56%	-3,07%	-4,40%	2,29%	0,00%	-3,39%	-3,28%	-4,98%	-4,99%	-5,29%	-3,07%	-4,69%	-6,70%	-3,39%
m1	12		1	-0,62%	2,40%	0,69%	3,94%	5,42%	4,82%	-1,32%	0,73%	-1,56%	0,71%	-1,38%	-0,04%	-1,82%	0,92%
m1	12		6	-0,58%	2,10%	0,70%	3,93%	5,40%	5,11%	-1,15%	0,85%	-1,52%	0,78%	-1,14%	0,08%	-1,25%	1,02%
m1	12		12	-0,47%	1,74%	1,00%	3,83%	5,50%	5,38%	-1,02%	1,08%	-1,43%	1,03%	-1,01%	0,19%	-0,95%	1,14%
m1	12		48	-0,92%	1,68%	0,45%	3,75%	5,71%	6,24%	-1,18%	1,45%	-1,10%	0,88%	-0,70%	0,92%	-0,47%	1,28%
m1	12	RDCh	0	-4,44%	-6,32%	-6,28%	0,07%	-3,50%	-5,43%	-5,98%	-8,20%	-6,94%	-6,68%	-4,38%	-6,62%	-8,40%	-5,62%
m1	12	RDCh	1	-0,47%	3,00%	-0,20%	3,58%	5,84%	5,22%	-1,65%	1,21%	-1,89%	0,38%	-0,51%	2,01%	-0,44%	1,24%
m1	12	RDCh	6	-0,31%	2,91%	0,70%	3,64%	5,90%	5,90%	-1,75%	2,09%	-1,32%	0,84%	-0,08%	2,80%	0,50%	1,68%
m1	12	RDCh	12	-0,94%	2,76%	1,25%	3,50%	6,81%	7,04%	-1,70%	2,15%	-1,20%	0,97%	0,09%	3,24%	1,01%	1,92%
m1	12	RDCh	48	-0,25%	4,01%	1,72%	4,21%	8,17%	9,51%	-1,51%	3,58%	-0,61%	1,81%	0,11%	4,51%	2,91%	2,94%
m1	36		0	-3,95%	-7,31%	-5,57%	0,18%	-3,22%	-4,97%	-4,34%	-8,41%	-5,79%	-6,21%	-3,87%	-7,01%	-7,68%	-5,24%
m1	36		1	-1,31%	2,30%	2,17%	3,17%	7,46%	4,92%	-1,51%	1,85%	-1,22%	4,49%	-1,44%	2,86%	-1,17%	1,74%
m1	36		6	-1,38%	2,03%	3,53%	3,11%	7,28%	5,54%	-1,32%	2,09%	-1,26%	4,53%	-1,02%	3,22%	-0,35%	2,00%
m1	36		12	-1,31%	1,76%	4,34%	3,08%	7,47%	6,26%	-1,62%	2,25%	-1,14%	4,40%	-0,74%	3,43%	-0,13%	2,16%
m1	36		48	-0,58%	3,11%	4,84%	3,61%	9,10%	7,61%	-1,28%	3,27%	-0,73%	5,33%	-0,40%	4,76%	0,84%	3,04%
m1	36	RDCh	0	-9,69%	-16,26%	-8,94%	-4,11%	-12,43%	-8,89%	-9,20%	-16,20%	-9,71%	-9,45%	-7,97%	-13,58%	-10,62%	-10,54%
m1	36	RDCh	1	-1,63%	3,91%	5,83%	3,62%	9,39%	6,53%	-2,18%	4,73%	-1,15%	5,23%	-0,22%	8,80%	1,90%	3,44%
m1	36	RDCh	6	-1,12%	4,75%	7,13%	3,34%	10,54%	9,35%	-2,22%	4,38%	-0,67%	6,43%	0,31%	8,87%	2,91%	4,15%
m1	36	RDCh	12	-0,61%	6,04%	7,06%	3,84%	11,70%	11,50%	-1,90%	5,48%	-0,19%	6,97%	0,57%	9,73%	4,28%	4,96%
m1	36	RDCh	48	0,51%	7,63%	6,82%	4,98%	14,85%	13,29%	-1,23%	6,59%	0,25%	7,56%	1,04%	10,60%	5,32%	6,02%
m2	36		0	-3,85%	-7,55%	-5,83%	0,15%	-3,34%	-5,17%	-4,48%	-8,58%	-5,86%	-6,11%	-3,96%	-7,29%	-7,74%	-5,35%
m2	36		1	-1,55%	1,06%	-0,12%	2,63%	5,96%	4,37%	-2,05%	0,19%	-2,01%	0,03%	-1,78%	1,37%	-1,90%	0,48%
m2	36		6	-1,92%	0,55%	-0,60%	2,38%	5,49%	5,00%	-1,95%	0,06%	-2,26%	-1,54%	-1,52%	1,41%	-1,33%	0,29%
m2	36		12	-1,75%	0,17%	-0,86%	2,28%	5,07%	5,51%	-2,45%	0,15%	-1,96%	-1,83%	-1,35%	1,33%	-1,16%	0,24%
m2	36		48	-0,45%	1,10%	-0,67%	2,75%	5,28%	6,43%	-1,99%	0,74%	-1,44%	-1,74%	-0,97%	1,69%	-0,38%	0,80%
průměr				-0,88%	2,75%	2,29%	3,46%	7,42%	6,78%	-1,65%	2,25%	-1,22%	2,36%	-0,61%	3,59%	0,42%	2,07%
<i>Nulová metoda</i>				<i>-2,23%</i>	<i>-1,99%</i>	<i>-1,76%</i>	<i>3,24%</i>	<i>3,11%</i>	<i>2,94%</i>	<i>-1,86%</i>	<i>-1,94%</i>	<i>-1,99%</i>	<i>-2,10%</i>	<i>-2,35%</i>	<i>-2,38%</i>	<i>-2,35%</i>	<i>-0,90%</i>



Graf 1: shodné s tabulkou (varianty 0 nejsou uvažovány)

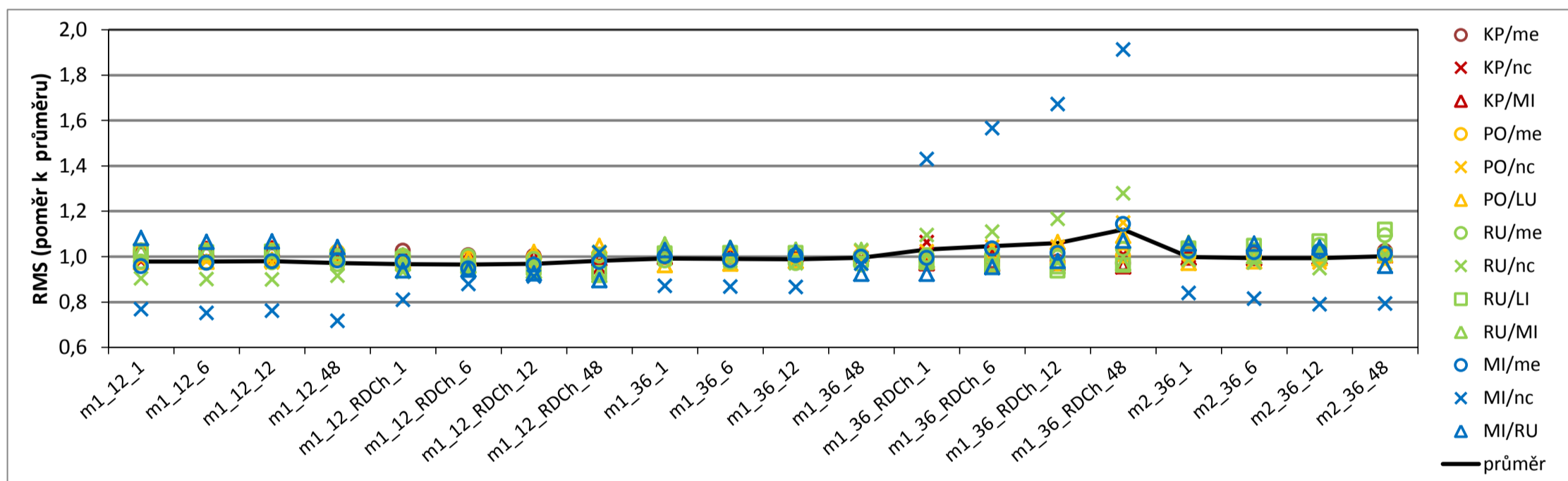


Graf 2: Odchylka od průměru z porovnávaných variant (varianty 0 nejsou uvažovány)

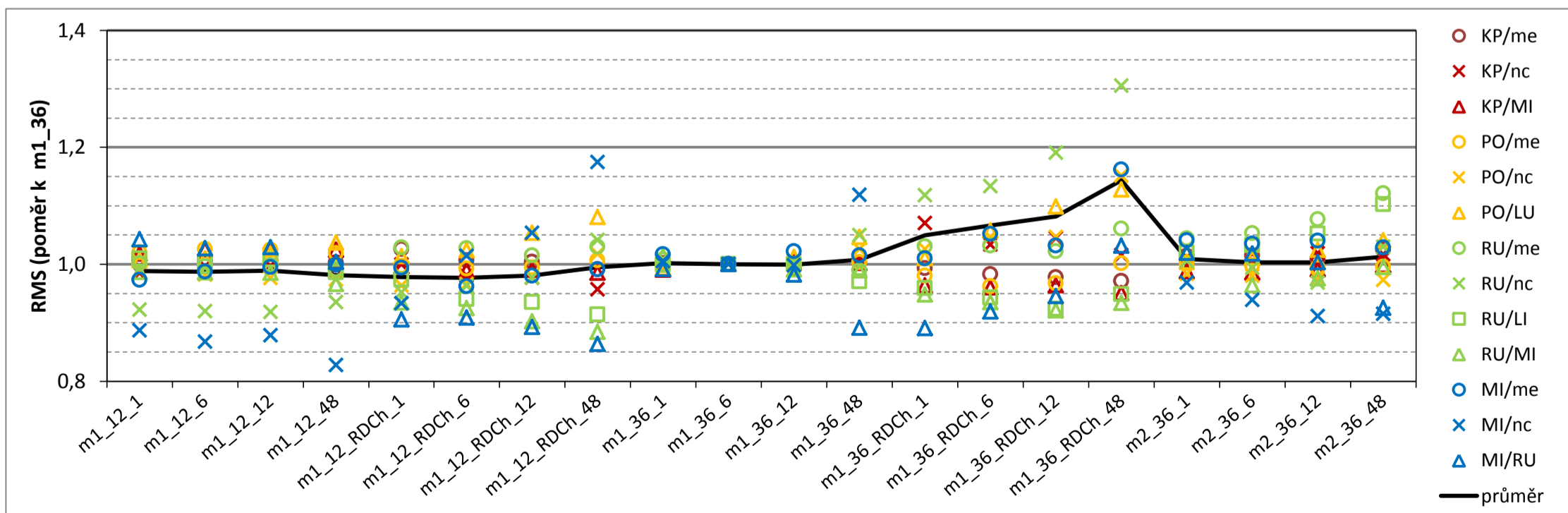
Příloha 5: Porovnání variant minimálního počtu dat v kategorii

kritérium: **h3** - chyba simulace tvaru četnostního rozdělení rychlosti větru (% skutečné rychlosti větru na cílové řadě)
 ukazatel: **RMS** - střední kvadratická hodnota

m.	DD	spc	N	KP/me	KP/nc	KP/MI	PO/me	PO/nc	PO/LU	RU/me	RU/nc	RU/LI	RU/MI	MI/me	MI/nc	MI/RU	průměr
m1	12		0	4,15%	5,29%	4,94%	4,91%	5,78%	6,31%	3,17%	5,65%	8,77%	3,83%	3,18%	6,13%	6,64%	5,29%
m1	12		1	3,95%	3,97%	4,50%	4,31%	4,12%	5,04%	1,48%	1,79%	1,62%	2,01%	1,06%	1,24%	1,69%	2,83%
m1	12		6	3,93%	4,02%	4,53%	4,33%	4,09%	5,05%	1,47%	1,78%	1,61%	2,01%	1,08%	1,21%	1,66%	2,83%
m1	12		12	3,93%	4,02%	4,54%	4,33%	4,07%	5,09%	1,48%	1,78%	1,62%	2,01%	1,08%	1,22%	1,66%	2,83%
m1	12		48	3,92%	4,00%	4,53%	4,30%	4,06%	5,19%	1,47%	1,81%	1,59%	1,97%	1,09%	1,15%	1,62%	2,82%
m1	12	RDCh	0	4,28%	5,70%	4,92%	4,90%	6,15%	6,25%	3,38%	6,38%	8,78%	3,95%	3,64%	7,15%	6,83%	5,56%
m1	12	RDCh	1	4,01%	4,03%	4,41%	4,21%	4,02%	5,07%	1,52%	1,85%	1,57%	1,90%	1,08%	1,30%	1,46%	2,80%
m1	12	RDCh	6	3,94%	3,96%	4,38%	4,19%	4,03%	5,12%	1,52%	1,87%	1,51%	1,89%	1,05%	1,41%	1,47%	2,79%
m1	12	RDCh	12	3,93%	3,94%	4,38%	4,20%	4,07%	5,27%	1,50%	1,89%	1,50%	1,84%	1,07%	1,47%	1,44%	2,81%
m1	12	RDCh	48	3,88%	3,86%	4,36%	4,25%	4,24%	5,41%	1,52%	2,02%	1,47%	1,80%	1,08%	1,64%	1,40%	2,84%
m1	36		0	4,13%	5,60%	4,80%	4,77%	5,95%	6,24%	3,24%	6,08%	8,76%	3,88%	3,34%	6,70%	6,71%	5,40%
m1	36		1	3,92%	4,06%	4,38%	4,22%	4,15%	4,97%	1,49%	1,96%	1,61%	2,07%	1,11%	1,40%	1,61%	2,84%
m1	36		6	3,91%	4,03%	4,42%	4,22%	4,17%	5,00%	1,48%	1,94%	1,61%	2,04%	1,09%	1,39%	1,62%	2,84%
m1	36		12	3,89%	4,06%	4,43%	4,21%	4,18%	5,06%	1,47%	1,92%	1,61%	2,02%	1,11%	1,39%	1,59%	2,84%
m1	36		48	3,92%	4,04%	4,43%	4,24%	4,28%	5,24%	1,46%	2,04%	1,56%	2,02%	1,10%	1,56%	1,44%	2,87%
m1	36	RDCh	0	4,60%	8,22%	5,05%	5,25%	8,27%	6,45%	4,15%	9,07%	8,97%	4,55%	5,07%	10,82%	7,54%	6,77%
m1	36	RDCh	1	3,88%	4,32%	4,26%	4,14%	4,28%	5,06%	1,52%	2,17%	1,54%	1,93%	1,10%	2,30%	1,44%	2,92%
m1	36	RDCh	6	3,84%	4,17%	4,25%	4,06%	4,36%	5,29%	1,53%	2,20%	1,52%	1,91%	1,14%	2,52%	1,49%	2,94%
m1	36	RDCh	12	3,82%	4,21%	4,27%	4,09%	4,36%	5,50%	1,51%	2,31%	1,48%	1,88%	1,12%	2,69%	1,53%	2,98%
m1	36	RDCh	48	3,80%	4,10%	4,20%	4,23%	4,80%	5,64%	1,57%	2,53%	1,53%	1,90%	1,26%	3,08%	1,67%	3,10%
m2	36		0	4,15%	5,62%	4,86%	4,81%	5,96%	6,23%	3,28%	6,11%	8,76%	3,89%	3,36%	6,70%	6,70%	5,42%
m2	36		1	3,97%	4,08%	4,37%	4,23%	4,10%	5,02%	1,54%	1,95%	1,64%	2,08%	1,13%	1,35%	1,65%	2,86%
m2	36		6	3,97%	4,10%	4,36%	4,21%	4,09%	5,06%	1,56%	1,93%	1,66%	1,97%	1,13%	1,31%	1,65%	2,85%
m2	36		12	3,94%	4,11%	4,38%	4,20%	4,07%	5,13%	1,59%	1,88%	1,69%	1,99%	1,13%	1,27%	1,62%	2,85%
m2	36		48	4,01%	4,10%	4,42%	4,21%	4,06%	5,21%	1,66%	2,00%	1,77%	2,03%	1,12%	1,28%	1,50%	2,87%
průměr				3,92%	4,06%	4,39%	4,22%	4,18%	5,17%	1,52%	1,98%	1,59%	1,96%	1,11%	1,61%	1,56%	2,87%
<i>Nulová metoda</i>				6,39%	6,50%	6,55%	5,87%	5,93%	5,89%	4,24%	4,20%	4,22%	4,25%	2,95%	2,90%	2,92%	4,83%



Graf 1: Poměr k průměru z porovnávaných variant (varianty 0 nejsou uvažovány)



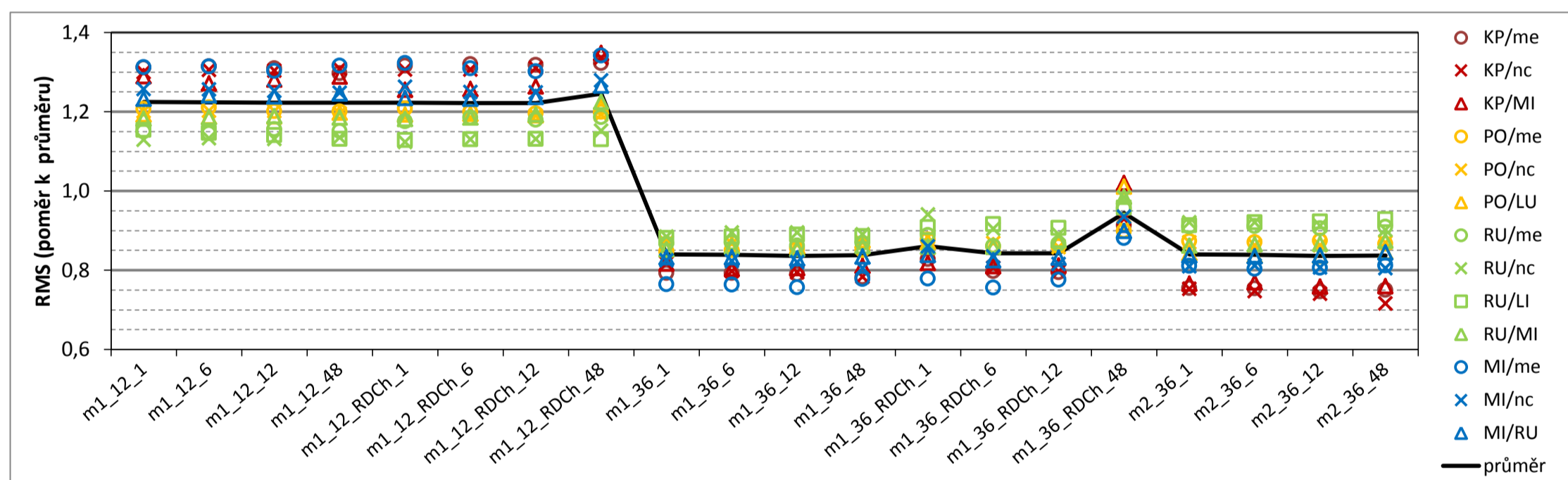
Graf 2: Poměr k výsledku pro standardní metodu m1_36 (varianty 0 nejsou uvažovány; výsledky MI/nc pro m1_36_RDCh jsou mimo měřítko)

Příloha 5: Porovnání variant minimálního počtu dat v kategorii

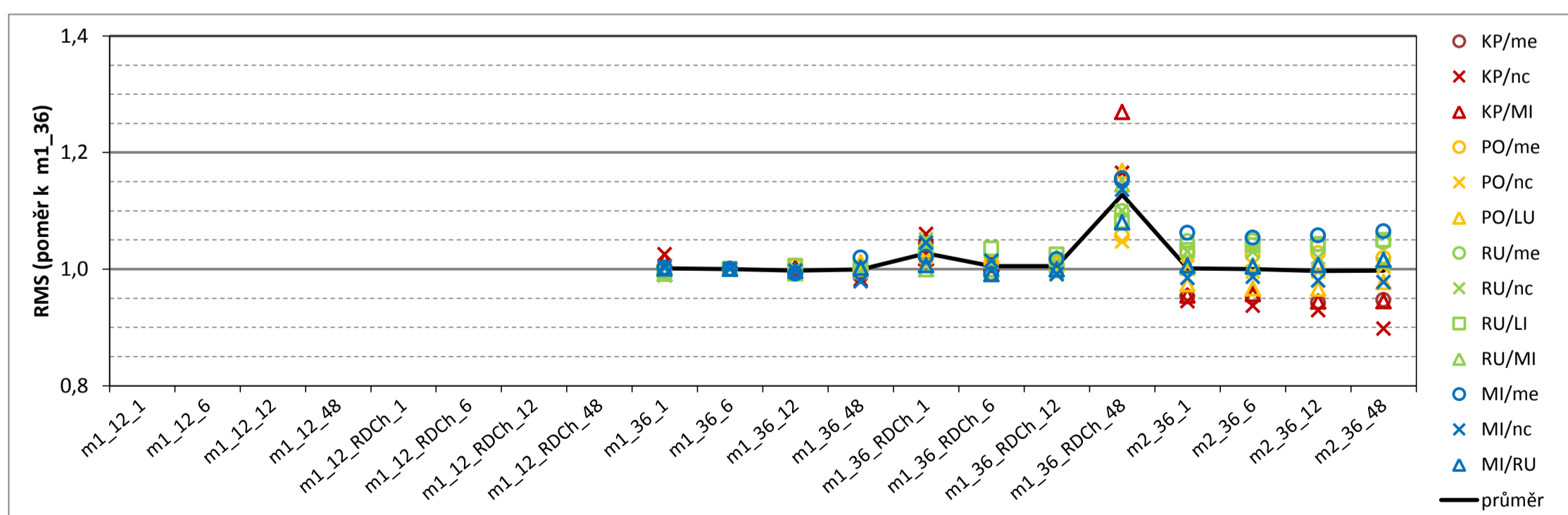
kritérium: h4 - chyba simulace větrné růžice, součet rozdílů sektorových četností (%)

ukazatel: RMS - střední kvadratická hodnota

m.	DD	spc	N	KP/me	KP/nc	KP/MI	PO/me	PO/nc	PO/LU	RU/me	RU/nc	RU/LI	RU/MI	MI/me	MI/nc	MI/RU	průměr
m1	12		0	18,3%	26,1%	19,5%	23,5%	28,7%	28,8%	16,2%	22,7%	32,6%	17,8%	19,9%	27,1%	27,9%	23,8%
m1	12		1	14,0%	16,1%	14,4%	19,4%	20,6%	20,0%	11,6%	13,2%	11,0%	12,8%	15,2%	17,2%	17,4%	15,6%
m1	12		6	14,0%	16,2%	14,2%	19,4%	20,6%	19,9%	11,5%	13,2%	10,9%	12,8%	15,2%	17,2%	17,5%	15,6%
m1	12		12	14,0%	16,2%	14,3%	19,3%	20,6%	19,9%	11,6%	13,2%	10,9%	12,9%	15,1%	17,1%	17,5%	15,6%
m1	12		48	13,8%	16,2%	14,4%	19,3%	20,5%	20,1%	11,6%	13,3%	10,8%	12,8%	15,3%	17,1%	17,6%	15,6%
m1	12	RDCh	0	19,6%	28,8%	20,1%	24,5%	30,9%	29,4%	17,5%	25,5%	33,1%	18,2%	21,0%	30,1%	28,6%	25,2%
m1	12	RDCh	1	14,0%	16,2%	14,1%	19,4%	20,4%	20,0%	11,8%	13,1%	10,7%	12,8%	15,3%	17,3%	17,4%	15,6%
m1	12	RDCh	6	14,1%	16,2%	14,1%	19,3%	20,4%	20,0%	11,9%	13,2%	10,8%	12,8%	15,2%	17,1%	17,4%	15,6%
m1	12	RDCh	12	14,1%	16,2%	14,1%	19,2%	20,4%	20,0%	11,8%	13,2%	10,8%	12,9%	15,1%	17,1%	17,5%	15,6%
m1	12	RDCh	48	14,1%	16,6%	15,1%	19,3%	20,5%	20,3%	11,9%	13,5%	10,8%	13,3%	15,5%	17,5%	17,9%	15,9%
m1	36		0	13,7%	23,2%	15,4%	18,4%	25,7%	25,0%	14,5%	23,0%	32,8%	15,4%	14,1%	23,5%	23,2%	20,6%
m1	36		1	8,5%	10,1%	9,1%	13,6%	14,9%	14,5%	8,7%	10,3%	8,4%	9,2%	8,9%	11,3%	11,8%	10,7%
m1	36		6	8,5%	9,9%	9,0%	13,7%	14,9%	14,5%	8,7%	10,5%	8,4%	9,3%	8,8%	11,3%	11,8%	10,7%
m1	36		12	8,4%	9,9%	9,0%	13,7%	14,8%	14,4%	8,7%	10,5%	8,5%	9,2%	8,8%	11,2%	11,7%	10,7%
m1	36		48	8,3%	9,7%	9,1%	13,7%	14,9%	14,7%	8,7%	10,4%	8,4%	9,3%	9,0%	11,0%	11,8%	10,7%
m1	36	RDCh	0	18,6%	37,2%	18,3%	21,8%	37,9%	27,4%	18,2%	36,0%	35,0%	18,5%	18,8%	36,8%	25,8%	26,9%
m1	36	RDCh	1	8,8%	10,5%	9,2%	14,1%	15,2%	14,6%	8,9%	11,0%	8,6%	9,3%	9,0%	11,8%	11,8%	11,0%
m1	36	RDCh	6	8,5%	10,0%	9,1%	13,8%	14,9%	14,5%	8,7%	10,6%	8,7%	9,3%	8,8%	11,4%	11,6%	10,8%
m1	36	RDCh	12	8,5%	9,9%	9,1%	13,8%	14,7%	14,7%	8,7%	10,4%	8,6%	9,5%	9,0%	11,1%	11,7%	10,7%
m1	36	RDCh	48	9,7%	11,5%	11,4%	14,4%	15,6%	16,9%	9,6%	11,5%	9,1%	10,7%	10,2%	12,8%	12,7%	12,0%
m2	36		0	13,7%	23,1%	15,4%	18,8%	26,0%	25,1%	15,0%	23,3%	33,0%	16,0%	14,8%	23,7%	23,7%	20,9%
m2	36		1	8,1%	9,3%	8,6%	14,0%	15,0%	14,1%	9,1%	10,8%	8,7%	9,3%	9,4%	11,1%	11,8%	10,7%
m2	36		6	8,0%	9,3%	8,6%	14,0%	14,8%	14,0%	9,2%	10,8%	8,8%	9,4%	9,3%	11,1%	11,8%	10,7%
m2	36		12	8,0%	9,2%	8,5%	14,0%	14,8%	14,0%	9,1%	10,7%	8,8%	9,4%	9,3%	11,0%	11,8%	10,7%
m2	36		48	8,0%	8,9%	8,5%	13,9%	14,9%	14,2%	9,1%	10,5%	8,8%	9,5%	9,4%	11,0%	11,9%	10,7%
průměr				10,7%	12,4%	11,2%	16,1%	17,2%	16,8%	10,0%	11,7%	9,5%	10,8%	11,6%	13,7%	14,1%	12,8%
<i>Nulová metoda</i>				12,4%	12,3%	12,3%	16,3%	16,3%	16,2%	15,0%	14,8%	14,9%	15,1%	17,2%	17,1%	17,3%	15,2%



Graf 1: Poměr k průměru z porovnávaných variant (varianty 0 nejsou uvažovány)



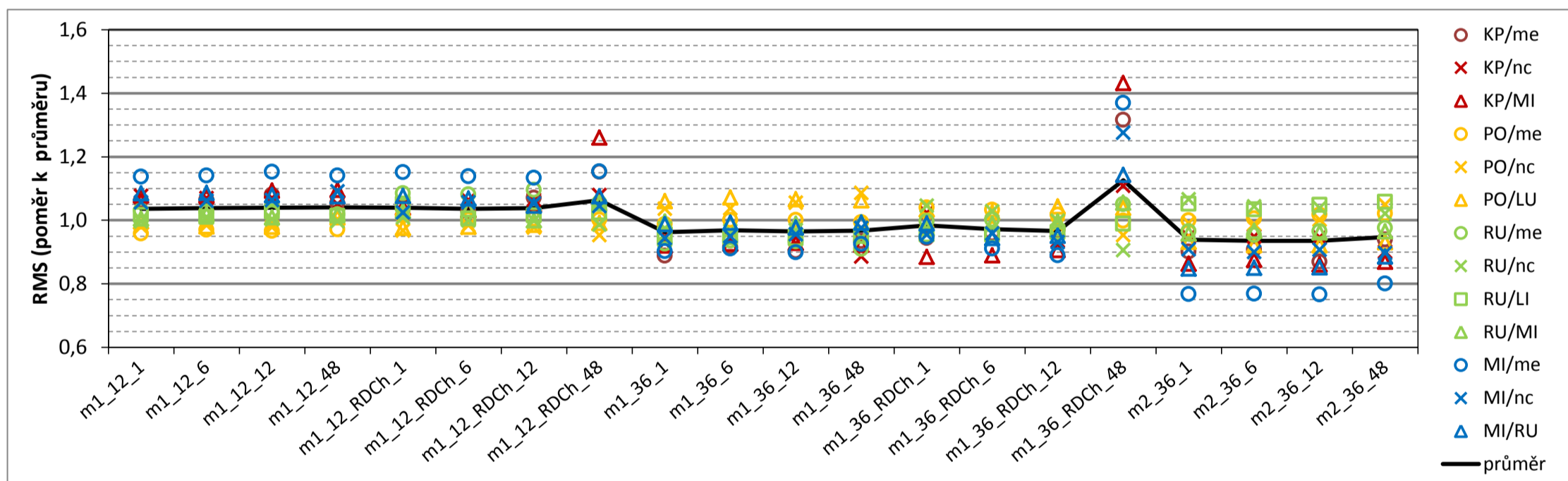
Graf 2: Poměr k výsledku pro standardní metodu m1_36 (varianty 0 a m1_12 nejsou uvažovány)

Příloha 5: Porovnání variant minimálního počtu dat v kategorii

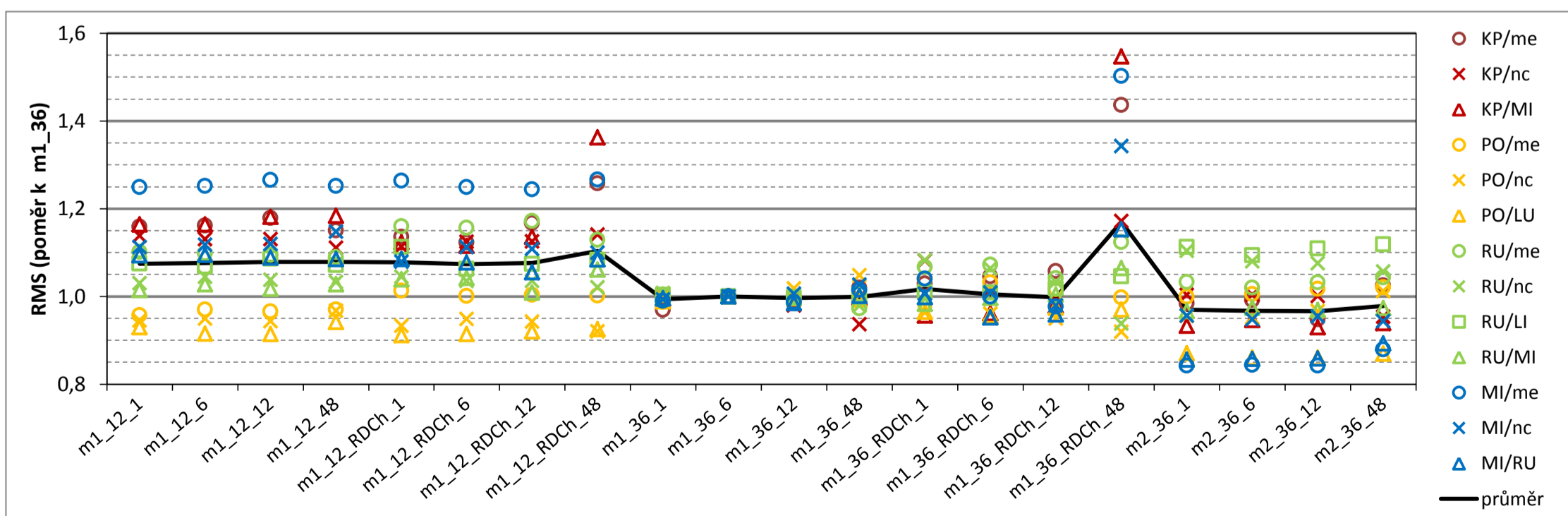
kritérium: h5 - chyba simulace větrné růžice, KSI pro směr větru (°)

ukazatel: RMS - střední kvadratická hodnota

m.	DD	spc	N	KP/me	KP/nc	KP/MI	PO/me	PO/nc	PO/LU	RU/me	RU/nc	RU/LI	RU/MI	MI/me	MI/nc	MI/RU	průměr
m1	12		0	8,59	16,60	9,32	10,97	18,13	20,05	10,79	18,41	33,89	10,58	11,89	20,24	21,25	16,21
m1	12		1	2,89	3,78	3,94	6,22	6,47	6,79	2,99	3,77	2,46	3,34	4,00	4,47	5,32	4,34
m1	12		6	2,90	3,76	3,94	6,31	6,50	6,69	2,98	3,82	2,45	3,38	4,01	4,49	5,32	4,35
m1	12		12	2,94	3,76	4,00	6,28	6,46	6,68	2,97	3,79	2,49	3,35	4,05	4,50	5,29	4,35
m1	12		48	2,87	3,69	4,01	6,31	6,62	6,88	2,96	3,77	2,45	3,38	4,01	4,61	5,28	4,37
m1	12	RDCh	0	9,73	19,52	9,85	12,10	21,03	20,44	12,63	21,52	34,39	11,48	13,53	23,46	22,19	17,83
m1	12	RDCh	1	2,84	3,70	3,80	6,59	6,39	6,66	3,15	3,82	2,55	3,42	4,05	4,34	5,28	4,35
m1	12	RDCh	6	2,80	3,74	3,77	6,51	6,50	6,68	3,14	3,78	2,43	3,43	4,00	4,47	5,24	4,35
m1	12	RDCh	12	2,92	3,74	3,84	6,53	6,46	6,72	3,18	3,78	2,46	3,32	3,99	4,45	5,13	4,35
m1	12	RDCh	48	3,14	3,79	4,61	6,51	6,30	6,76	3,06	3,73	2,48	3,49	4,06	4,42	5,27	4,43
m1	36		0	9,17	18,44	9,91	11,58	20,71	21,81	10,56	19,25	33,80	10,20	11,35	21,53	21,25	16,89
m1	36		1	2,42	3,33	3,36	6,42	6,84	7,23	2,69	3,69	2,30	3,31	3,17	3,99	4,84	4,12
m1	36		6	2,50	3,32	3,39	6,51	6,85	7,31	2,71	3,66	2,29	3,29	3,20	4,02	4,86	4,15
m1	36		12	2,46	3,26	3,39	6,51	6,97	7,27	2,71	3,67	2,28	3,28	3,16	4,04	4,79	4,14
m1	36		48	2,55	3,11	3,37	6,46	7,18	7,25	2,64	3,58	2,30	3,30	3,25	4,13	4,87	4,15
m1	36	RDCh	0	13,81	30,79	12,83	15,47	35,02	24,30	15,30	33,64	35,88	13,83	17,68	37,40	24,52	23,88
m1	36	RDCh	1	2,57	3,59	3,24	6,76	6,60	7,05	2,89	3,96	2,31	3,23	3,33	4,04	4,85	4,19
m1	36	RDCh	6	2,61	3,37	3,25	6,71	6,58	6,99	2,91	3,89	2,31	3,28	3,20	4,05	4,63	4,14
m1	36	RDCh	12	2,64	3,28	3,31	6,61	6,50	7,12	2,82	3,78	2,33	3,31	3,13	3,94	4,66	4,11
m1	36	RDCh	48	3,59	3,89	5,24	6,49	6,29	7,09	3,05	3,43	2,39	3,50	4,81	5,39	5,61	4,67
m2	36		0	8,97	18,00	9,41	11,21	20,15	21,01	10,40	19,07	33,38	9,73	10,78	21,00	20,43	16,43
m2	36		1	2,46	3,33	3,16	6,50	6,55	6,36	2,80	4,04	2,55	3,18	2,70	3,84	4,16	3,97
m2	36		6	2,48	3,33	3,20	6,54	6,52	6,28	2,77	3,95	2,50	3,21	2,70	3,81	4,17	3,96
m2	36		12	2,37	3,32	3,15	6,61	6,62	6,28	2,80	3,93	2,54	3,19	2,70	3,83	4,17	3,96
m2	36		48	2,56	3,17	3,18	6,64	6,93	6,35	2,83	3,86	2,56	3,20	2,82	3,79	4,34	4,02
průměr				2,72	3,51	3,66	6,50	6,61	6,82	2,90	3,78	2,42	3,32	3,52	4,23	4,90	4,22
<i>Nulová metoda</i>				7,80	7,77	7,66	8,20	8,35	8,24	8,22	8,19	8,23	8,02	8,88	8,83	8,90	8,25



Graf 1: Poměr k průměru z porovnávaných variant (varianty 0 nejsou uvažovány)

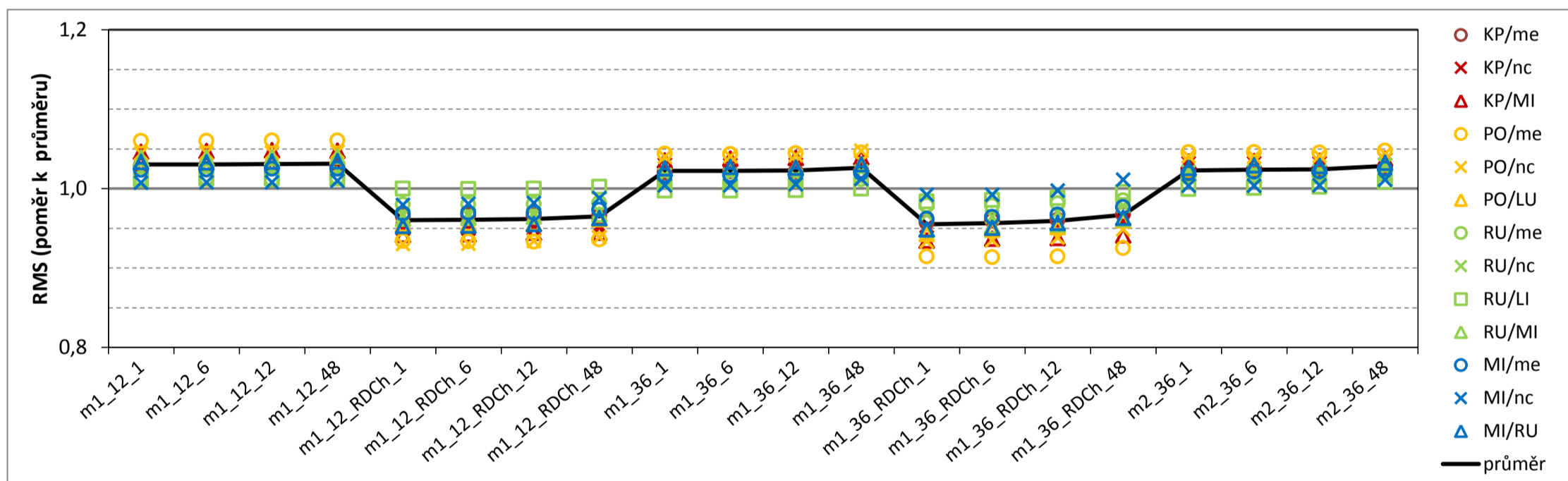


Graf 2: Poměr k výsledku pro standardní metodu m1_36 (varianty 0 nejsou uvažovány)

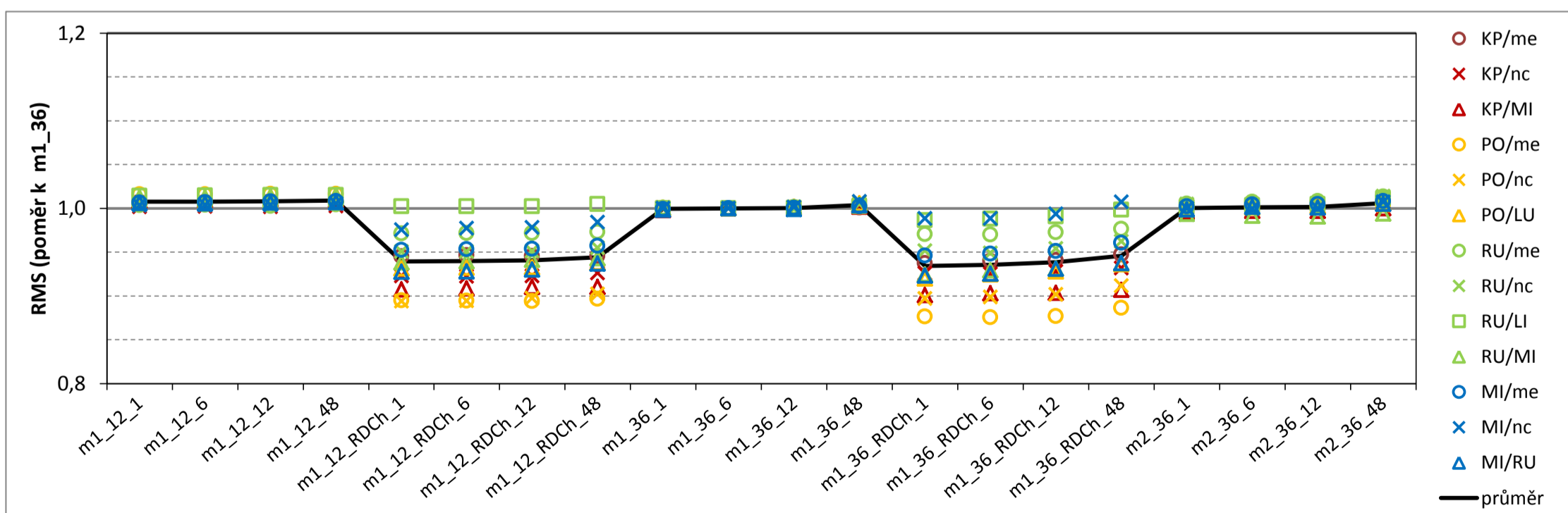
Příloha 5: Porovnání variant minimálního počtu dat v kategorii

kritérium: **h6** - střední kvadratická chyba simulace termínových rychlostí větru (% skutečné rychlosti větru na cílové řadě)
 ukazatel: **RMS** - střední kvadratická hodnota

m.	DD	spc	N	KP/me	KP/nc	KP/MI	PO/me	PO/nc	PO/LU	RU/me	RU/nc	RU/LI	RU/MI	MI/me	MI/nc	MI/RU	průměr
m1	12		0	91,1%	99,4%	104,2%	76,6%	84,3%	89,1%	52,1%	63,5%	48,3%	65,0%	44,1%	50,7%	56,1%	71,1%
m1	12		1	90,3%	97,9%	103,3%	75,6%	82,6%	88,2%	50,0%	60,2%	44,8%	63,8%	42,2%	47,3%	52,3%	69,1%
m1	12		6	90,3%	98,0%	103,4%	75,6%	82,6%	88,2%	50,0%	60,2%	44,8%	63,8%	42,2%	47,3%	52,3%	69,1%
m1	12		12	90,4%	97,9%	103,5%	75,7%	82,7%	88,3%	49,9%	60,2%	44,9%	63,9%	42,3%	47,3%	52,4%	69,2%
m1	12		48	90,3%	98,0%	103,4%	75,7%	82,7%	88,4%	50,0%	60,2%	44,9%	63,9%	42,3%	47,4%	52,4%	69,2%
m1	12	RDCh	0	87,2%	93,5%	94,9%	69,3%	77,4%	83,6%	52,9%	63,0%	49,2%	61,5%	44,1%	52,1%	53,9%	67,9%
m1	12	RDCh	1	84,7%	90,2%	93,0%	66,6%	73,5%	81,1%	48,4%	56,9%	44,3%	59,1%	39,9%	46,0%	48,3%	64,0%
m1	12	RDCh	6	84,8%	90,2%	93,1%	66,6%	73,6%	81,2%	48,4%	56,9%	44,3%	59,2%	40,0%	46,0%	48,3%	64,0%
m1	12	RDCh	12	84,8%	90,2%	93,3%	66,6%	73,8%	81,2%	48,4%	56,9%	44,3%	59,3%	40,0%	46,1%	48,4%	64,1%
m1	12	RDCh	48	84,8%	90,5%	93,3%	66,8%	74,2%	81,7%	48,5%	57,2%	44,4%	59,4%	40,1%	46,4%	48,8%	64,3%
m1	36		0	90,8%	100,6%	103,1%	76,2%	84,9%	88,4%	52,7%	65,5%	48,4%	64,1%	44,4%	52,6%	56,4%	71,4%
m1	36		1	89,5%	97,8%	102,3%	74,5%	82,2%	87,1%	49,8%	59,9%	44,2%	63,1%	41,9%	47,1%	51,9%	68,6%
m1	36		6	89,7%	97,8%	102,5%	74,5%	82,3%	87,1%	49,8%	59,9%	44,2%	63,0%	41,9%	47,1%	52,0%	68,6%
m1	36		12	89,6%	97,8%	102,5%	74,5%	82,4%	87,3%	49,9%	59,8%	44,2%	63,1%	41,9%	47,2%	52,0%	68,6%
m1	36		48	89,7%	98,1%	102,7%	74,6%	82,8%	87,6%	49,9%	60,1%	44,3%	63,3%	42,0%	47,5%	52,2%	68,8%
m1	36	RDCh	0	89,2%	97,5%	94,6%	70,5%	81,3%	84,4%	55,7%	68,7%	51,6%	61,9%	47,3%	58,5%	55,4%	70,5%
m1	36	RDCh	1	84,0%	90,5%	92,3%	65,2%	73,8%	80,1%	48,3%	57,0%	43,6%	58,3%	39,7%	46,6%	48,0%	63,6%
m1	36	RDCh	6	84,3%	90,5%	92,5%	65,2%	73,9%	80,5%	48,3%	56,8%	43,7%	58,6%	39,8%	46,6%	48,1%	63,7%
m1	36	RDCh	12	84,3%	90,7%	92,6%	65,3%	74,2%	80,8%	48,4%	57,1%	43,8%	58,7%	39,9%	46,8%	48,4%	63,9%
m1	36	RDCh	48	84,9%	91,1%	92,9%	66,0%	75,0%	81,6%	48,6%	57,6%	44,1%	59,1%	40,3%	47,5%	48,8%	64,4%
m2	36		0	90,9%	100,7%	103,1%	76,2%	85,0%	88,5%	52,8%	65,5%	48,5%	64,2%	44,5%	52,6%	56,4%	71,5%
m2	36		1	89,7%	98,0%	102,1%	74,6%	82,3%	87,0%	50,1%	60,1%	44,3%	62,6%	42,0%	47,1%	52,0%	68,6%
m2	36		6	89,8%	98,0%	102,1%	74,6%	82,2%	87,2%	50,2%	60,1%	44,4%	62,5%	42,1%	47,1%	52,1%	68,7%
m2	36		12	89,9%	98,0%	102,2%	74,6%	82,3%	87,3%	50,2%	60,1%	44,4%	62,5%	42,1%	47,1%	52,1%	68,7%
m2	36		48	90,2%	98,4%	102,5%	74,8%	82,5%	87,6%	50,5%	60,7%	44,7%	62,7%	42,3%	47,5%	52,3%	69,0%
průměr				87,8%	95,0%	98,8%	71,4%	79,1%	85,0%	49,4%	58,9%	44,3%	61,5%	41,2%	46,9%	50,7%	66,9%
<i>Nulová metoda</i>				124,8%	124,6%	125,4%	102,3%	102,3%	102,2%	88,2%	88,2%	88,4%	88,2%	69,5%	69,5%	69,5%	95,6%



Graf 1: Poměr k průměru z porovnávaných variant (varianty 0 nejsou uvažovány)



Graf 2: Poměr k výsledku pro standardní metodu m1_36 (varianty 0 nejsou uvažovány)