# VYHODNOCENÍ PROSTOROVÉ HUSTOTY METEOROLOGICKÝCH A KLIMATICKÝCH MONITOROVACÍCH BODŮ

# TECHNICKÁ ZPRÁVA

**Vyhotoveno: KVĚTEN 2016**

**Zpracoval: Doc. Ing. Miloš Zapletal, Dr., Ing. Jiří Hon, EKOTOXA s.r.o.**

# OBSAH


OBSAH ..... 2

1 ROZŠÍŘENÝ ABSTRAKT ZA DÍLČÍ AKTIVITU ..... 3

2 ÚVOD ..... 5

3 POUŽITÉ DATOVÉ PODKLADY ..... 5

4 POPIS VÝSTUPNÍCH DAT ..... 6

5 POUŽITÉ METODY ŘEŠENÍ ..... 6

6 VÝSLEDKY ŘEŠENÍ ..... 7

7 ZÁVĚR ..... 23

8 POUŽITÁ LITERATURA ..... 24

9 SEZNAM OBRÁZKŮ ..... 24

10 SEZNAM TABULEK ..... 24

11 POUŽITÉ ZKRATKY A SYMBOLY ..... 25

12 PŘÍLOHY ZPRÁVY K DÍLČÍ AKTIVITĚ ..... 25

12.1 GRAFICKÉ PŘÍLOHY ..... **Chyba! Záložka není definována.**

12.2 OSTATNÍ PŘÍLOHY ..... **Chyba! Záložka není definována.**

# 1 ROZŠÍŘENÝ ABSTRAKT ZA DÍLČÍ AKTIVITU

Sledování klimatické změny na území JMK se musí opírat o řadu údajů a pro účely tohoto projektu byly navrženy vegetační indexy detekující kondici vegetace, indikátory reflektující stav půdní vlhkosti, indikátory extremity a charakteru počasí a indexy potenciální produktivity území. Pro stanovení těchto indikátorů a indexů jsou využívaná data z monitorovacích stanic na území JMK. V rámci hodnocení dostatečného počtu měřících bodů v JHM byly zjištěny monitorovací aktivity v této oblasti (monitorovací stanice ČHMÚ, ŘSD a fa AMET). Všechny údaje o těchto stanicích byly zpracovány v GIS s tím, že byla vytvořena sada map (10 ks). Mimo vlastní přehled všech měřících stanic na území JMK, to dále bylo 9 map zaměřených na jednotlivé hlavní měřené parametry – globální záření a sluneční svit, přízemní teplota vzduchu, rychlost větru, směr větru, srážky, teplota půdy, teplota vzduchu, vlhkost vzduchu a vlhkost půdy. Do map byly zapracovány všechny parametry, které se na dané stanici zaznamenávají. Následující hodnocení monitorovacích aktivit je zaměřeno zejména na monitorovací síť ČHMÚ.

V současnosti v staniční síti ČHMÚ neexistuje stanice, která by byla nadbytečná. Toto tvrzení se týká především teploty vzduchu a srážek. Síť srážkoměrných stanic je daleko hustší, neboť je potřeba podchytit velkou prostorovou variabilitu srážek. Naopak existují meteorologické prvky, kde je staniční síť jednoznačně nedostatečná, a to zejména u rychlosti větru. Výhoda sítě ČHMÚ spočítá především v tom, že měření jsou prováděna podle standardu WMO (Světové meteorologické organizace), data jsou kontrolována specializovanými pracovníky (v denním kroku), jsou konzistentní jak v prostoru, tak v čase (v porovnání s minulými měřeními, 150 let nazpět). Nic z tohoto není zaručeno v ostatních sítích: i když bude zohledněn jeden aspekt (např. prostorová konzistence – standardizované podmínky měření, např. okolí), bude chybět jiný (časová návaznost na historická měření). Tato data budou vždy prostorově nedostatečná (v kontextu celé ČR), časová řada dat nebude dostatečně dlouhá (jednak na jednom místě, ale i z hlediska provádění měření podle jednotného předpisu, určitým typem přístroje). Proto je potřeba na jakoukoli jinou síť než

ČHMU nahlížet jako na doplňkový zdroj informací sloužící většinou k určitému účelu prostorová měření – měření je poplatné danému místu, plodině, vývoji porostu během atp.).

Hustota měření teploty vzduchu v síti ČHMÚ je vyhovující. Rovněž tak u srážek (denní úhrny), hustší sít srážkoměrných stanic poskytuje dostatečně přesný obraz pro běžné účely použití. U kratších časových intervalů, např. hodinových či minutových srážkových úhrnů, není hustota sítě ČHMÚ optimální, ale v kombinaci s radary (v posledních zhruba 15 letech, kdy jsou k disposici), je možné se s touto menší staniční hustotou vyrovnat. U délky slunečního svitu je hustota sítě menší, než je tomu u teploty vzduchu, ale je to dostatečné, u radiace je hustota sítě velmi malá, ale pro většinu účelů to opět stačí. Díky specifikům jako je terén, překážky v okolí atd. je hustota sítě ČHMÚ na měření rychlosti a směru větru jednoznačně nedostatečná.

Při výpadku jedné stanice ze sítě ČHMÚ je možné, při ještě přijatelné míře nejistoty, tuto stanici nahradit. Při výpadku více stanic (v dané oblasti) se již dostaneme do stavu, kdy v současnosti existující klimatologické a statistické metody nebudou dostatečně fungovat a není možné jednak zaručit, že měření na zbylých stanicích jsou v pořádku a jednak doplnit údaje v prostoru (dáno jednak řídkou sítí stanic, jednak nejistotou implikovanou předešlým tvrzením o spolehlivosti „řídkých“ měření).

Sítě mimo ČHMÚ pokrývají v čase a prostoru pouze omezenou oblast, navíc slouží specifickým účelům, není zde zaručena standardizace měření (podle pokynů WMO), proto je potřeba na tyto stanice nahlížet pouze jako na doplňkové, sloužící pouze specifickému účelu.

S ohledem na předpokládaný častější výskyt extrémních meteorologických situací (např. extrémní srážky) by měla být síť ČHMÚ v budoucnu přizpůsobována těmto extrémům a měla by být finančně a personálně zabezpečena časová udržitelnost této sítě.

# 2 ÚVOD

Sledování klimatické změny na území JMK se musí opírat o řadu údajů a pro účely tohoto projektu byly navrženy vegetační indexy detekující kondici vegetace, indikátory reflektující stav půdní vlhkosti, indikátory extremity a charakteru počasí a indexy potenciální produktivity území. Pro stanovení těchto indikátorů a indexů jsou využívaná data z monitorovacích stanic na území JMK. V rámci hodnocení dostatečného počtu měřících bodů v JHM byly zjištěny monitorovací aktivity v této oblasti (monitorovací stanice ČHMÚ, ŘSD a fa AMET). Všechny údaje o těchto stanicích byly zpracovány v GIS s tím, že byla vytvořena sada map (10 ks). Mimo vlastní přehled všech měřících stanic na území JMK, to dále bylo 9 map zaměřených na jednotlivé hlavní měřené parametry – globální záření a sluneční svit, přízemní teplota vzduchu, rychlost větru, směr větru, srážky, teplota půdy, teplota vzduchu, vlhkost vzduchu a vlhkost půdy. Vždy se do map zapracovaly všechny parametry, které se na dané stanici zaznamenávají. Následující hodnocení monitorovacích aktivit je zaměřeno zejména na monitorovací síť ČHMÚ.

# 3 POUŽITÉ DATOVÉ PODKLADY

Byly použity datové podklady poskytnuté ČHMÚ (staniční síť ČHMÚ a ŘSD) a firmou AMET (staniční síť AMET).

Odkazy:

ČHMÚ:http://portal.chmi.cz/files/portal/docs/poboc/OS/stanice/ShowStations_CZ.htm

AMET: http://www.amet.cz/meteodupont.htm

# 4 POPIS VÝSTUPNÍCH DAT

Měřící stanice na území JMK (obr. 1), globální záření a sluneční svit (obr. 2), přízemní teplota vzduchu (obr. 3), rychlost větru (obr. 4), směr větru (obr. 5), srážky (obr. 6), teplota půdy (obr. 7), teplota vzduchu (obr. 8), vlhkost vzduchu (obr. 9) a vlhkost půdy (obr. 10). Souhrnný přehled klimatologických měřících stanic na území JMK (tab. 1).

# 5 POUŽITÉ METODY ŘEŠENÍ

Pro stanovení vegetačních indexů detekujících kondici vegetace, indikátorů reflektujících stav půdní vlhkosti, indikátorů extremity a charakteru počasí a indexů potenciální produktivity území jsou využívaná data z monitorovacích stanic na území JMK. V rámci hodnocení dostatečného počtu měřících bodů v JHM byly zjištěny monitorovací aktivity v této oblasti (monitorovací stanice ČHMÚ, ŘSD a fa AMET). Všechny údaje o těchto stanicích byly zpracovány v GIS s tím, že byla vytvořena sada map (10 ks). Mimo vlastní přehled všech měřících stanic na území JMK, to dále bylo 9 map zaměřených na jednotlivé hlavní měřené parametry – globální záření a sluneční svit, přízemní teplota vzduchu, rychlost větru, směr větru, srážky, teplota půdy, teplota vzduchu, vlhkost vzduchu a vlhkost půdy. Do map byly zapracovány všechny parametry, které se na dané stanici zaznamenávají.

# 6 VÝSLEDKY ŘEŠENÍ

**Klimatologická síť na území JMK**

V rámci hodnocení dostatečného počtu měřících bodů v JHM byly zjištěny monitorovací aktivity v této oblasti (monitorovací stanice ČHMÚ, ŘSD a fa AMET). Všechny údaje o těchto stanicích byly zpracovány v GIS s tím, že byla vytvořena sada map (10 ks). Mimo vlastní přehled všech měřících stanic na území JMK (obr. 1), to dále bylo 9 map zaměřených na jednotlivé hlavní měřené parametry – globální záření a sluneční svit (obr. 2), přízemní teplota vzduchu (obr. 3), rychlost větru (obr. 4), směr větru (obr. 5), srážky (obr. 6), teplota půdy (obr. 7), teplota vzduchu (obr. 8), vlhkost vzduchu (obr. 9) a vlhkost půdy (obr. 10). Vždy se do map zapracovaly všechny parametry, které se na dané stanici zaznamenávají (např. vlhkost půdy byla na stanicích zaznamenána v cca 10 variantách). Souhrnný přehled klimatologických měřících stanic na území JMK je uveden v tab. 1

Tabulka 1: **Souhrnný přehled klimatologických měřících stanic na území JMK.**

| **Souhrnný přehled klimatologických měřících stanic na území JMK** | |
|---|---|
| **TEPLOTA VZDUCHU** | |
| stanice | počet |
| Amet | 77 |
| ČHMÚ | 97 |
| ŘSD | 52 |
| **celkem** | **226** |

| Souhrnný přehled klimatologických měřících stanic na území JMK | |
|---|---|
| **PŘÍZEMNÍ TEPLOTA VZDUCHU** | |
| stanice | počet |
| Amet | 73 |
| ČHMÚ | 18 |
| ŘSD | 0 |
| **celkem** | **91** |
| **TEPLOTA PŮDY** | |
| stanice | počet |
| Amet | 73 |
| ČHMÚ | 18 |
| ŘSD | 52 |
| **celkem** | **143** |
| **SRÁŽKY** | |
| stanice | počet |
| Amet | 77 |
| ČHMÚ | 159 |
| ŘSD | 52 |
| **celkem** | **288** |

| Souhrnný přehled klimatologických měřících stanic na území JMK | |
|---|---|
| **VLHKOST VZDUCHU** | |
| stanice | počet |
| Amet | 77 |
| ČHMÚ | 18 |
| ŘSD | 52 |
| **celkem** | **147** |
| **VLHKOST PŮDY** | |
| stanice | počet |
| Amet | 61 |
| ČHMÚ | 18 |
| ŘSD | 0 |
| **celkem** | **79** |
| **RYCHLOST VĚTRU** | |
| **stanice** | **počet** |
| Amet | 12 |
| ČHMÚ | 18 |
| ŘSD | 52 |
| **celkem** | **82** |

| Souhrnný přehled klimatologických měřících stanic na území JMK | |
|---|---|
| **SMĚR VĚTRU** | |
| stanice | počet |
| Amet | 8 |
| ČHMÚ | 18 |
| ŘSD | 52 |
| **celkem** | **78** |
| **GLOBÁLNÍ ZÁŘENÍ A SLUNEČNÍ SVIT** | |
| stanice | počet |
| Amet | 11 |
| ČHMÚ | 18 |
| ŘSD | 0 |
| **celkem** | **29** |
| **PŘEHLED VŠECH MĚŘÍCÍCH STANIC** | |
| stanice | počet |
| Amet | 83 |
| ČHMÚ | 159 |
| ŘSD | 52 |
| **celkem** | **294** |

Staniční sít ČHMÚ na území JMK, tak jak ji známe v současné podobě, prošla více než než stoletým vývojem a optimalizací: jedná se řádově o stovky odborníků a nadšenců, kteří kteří za předešlé desítky let tuto síť budovali a dále o tisíce pozorovatelů, kteří zajišťovali měření v této síti. V minulých letech, za dob především pravicových vlád, byl velký tlak na šetření, a desítky stanic, klimatologických i srážkoměrných, byly bez hlubší analýzy dopadů zrušeny. Podle vyjádření ČHMÚ v dnešní době na ČHMÚ neexistuje stanice, která by byla nadbytečná. Toto tvrzení se týká především teploty vzduchu (obr. 3) a srážek (obr. 6). Sít srážkoměrných stanic je daleko hustší, neboť je potřeba podchytit velkou prostorovou variabilitu srážek. Spíše naopak, jsou meteorologické prvky, kde je jednoznačně nedostatečná, a to zejména u rychlosti větru (obr. 4).

Výhoda sítě ČHMÚ spočítá především v tom, že měření jsou prováděna podle standardu WMO (Světové meteorologické organizace), data jsou kontrolována specializovanými pracovníky (v denním kroku), jsou konzistentní jak v prostoru, tak v čase (v porovnání s minulými měřeními, 150 let nazpět). Nic z tohoto není zaručeno v ostatních sítích: i když bude zohledněn jeden aspekt (např. prostorová konzistence – standardizované podmínky měření, např. okolí), bude chybět jiný (časová návaznost na historická měření). Tato data budou vždy prostorově nedostatečná (v kontextu celé ČR), časová řada dat nebude dostatečně dlouhá (jednak na jednom místě, ale i z hlediska provádění měření podle jednotného předpisu, určitým typem přístroje). Proto je potřeba na jakoukoli jinou sít než ČHMU nahlížet jako na doplňkový zdroj informací sloužící většinou k určitému účelu (např. prostorová měření – měření je poplatné danému místu, plodině, vývoji porostu během roku, atp.).

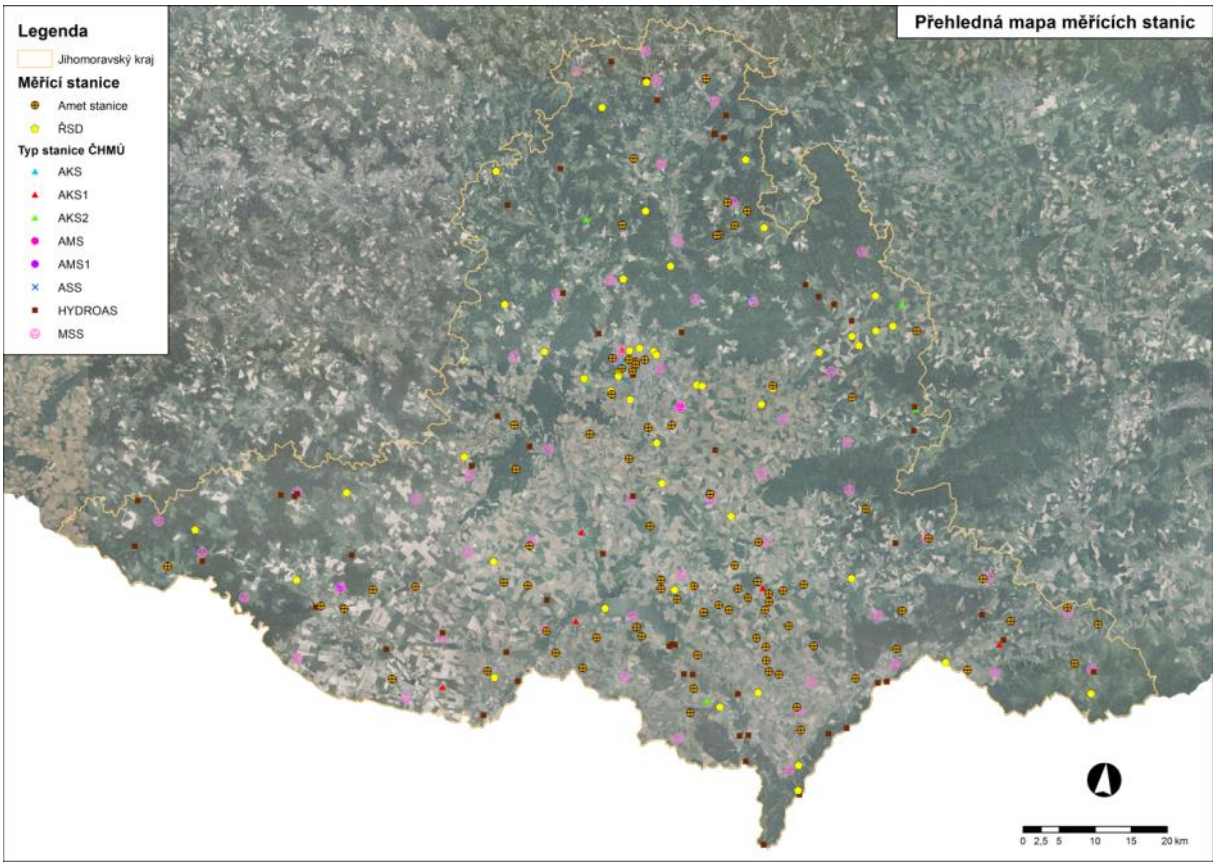
Jako dobrý stav se jeví spolupráce ČHMÚ s jinými institucemi, které provozují své sítě. Jednak tím zahušťují síť ČHMU, v určitých případech (při splnění podmínek měření) jsou měření srovnatelná a je možno provést kvalitnější kontrolu dat (jak dat ČHMÚ, tak dané instituce). Pro specifické účely (většinou ty, pro které byly zřízeny) jsou pak tyto doplňkové sítě nenahraditelné.

Pokud budeme dále hodnotit jen síť ČHMÚ, jak již bylo uvedeno výše, u měření teploty vzduchu (obr. 3) není s její hustotou žádný problém. Rovněž tak u srážek (denní úhrny),

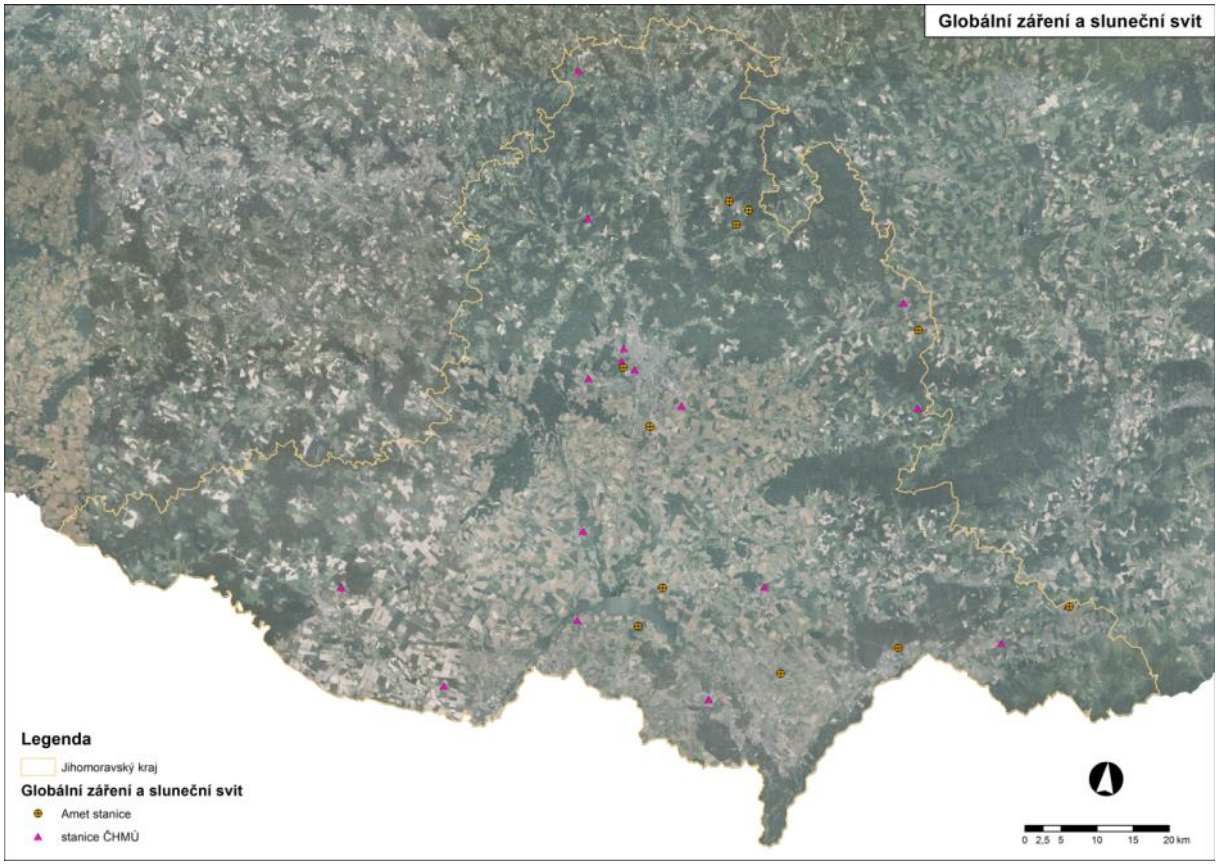
hustší sít srážkoměrných stanic poskytuje dostatečně přesný obraz pro běžné účely (obr. 6). U kratších časových intervalů, např. hodinových či minutových srážkových není hustota sítě ČHMÚ optimální, ale v kombinaci s radary (v posledních zhruba 15 letech, kdy jsou k disposici), je možné se s touto menší staniční hustotou vyrovnat. U délky slunečního svitu (obr. 2) je hustota sítě menší, než je tomu u teploty vzduchu, ale je to dostatečné, u radiace (obr. 2) je hustota sítě velmi malá, ale pro většinu účelů to opět stačí. Díky specifikům jako je terén, překážky v okolí atd. je hustota sítě ČHMÚ na měření rychlosti (obr. 4) a směru větru (obr. 5) jednoznačně nedostatečná.

ČHMÚ je ochoten spolupracovat s jinými institucemi na výměně dat (záleží na jednotlivých pobočkách, ale většinou to problém není i přes vytíženost pracovníků ČHMÚ – „optimalizace“ v minulých letech se týkala rovněž lidských zdrojů, nejenom rušení stanic).

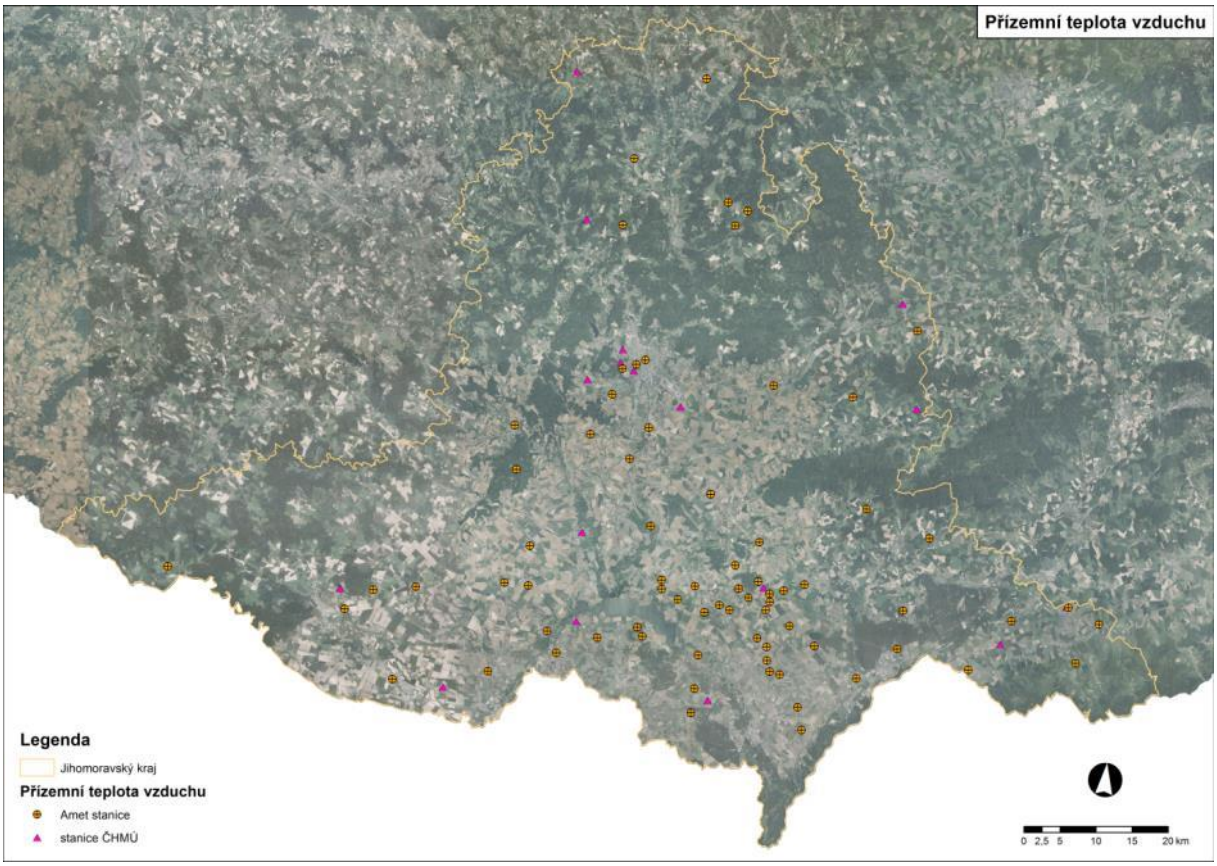
Obrázek 1: Přehled měřících stanic na území JMK.



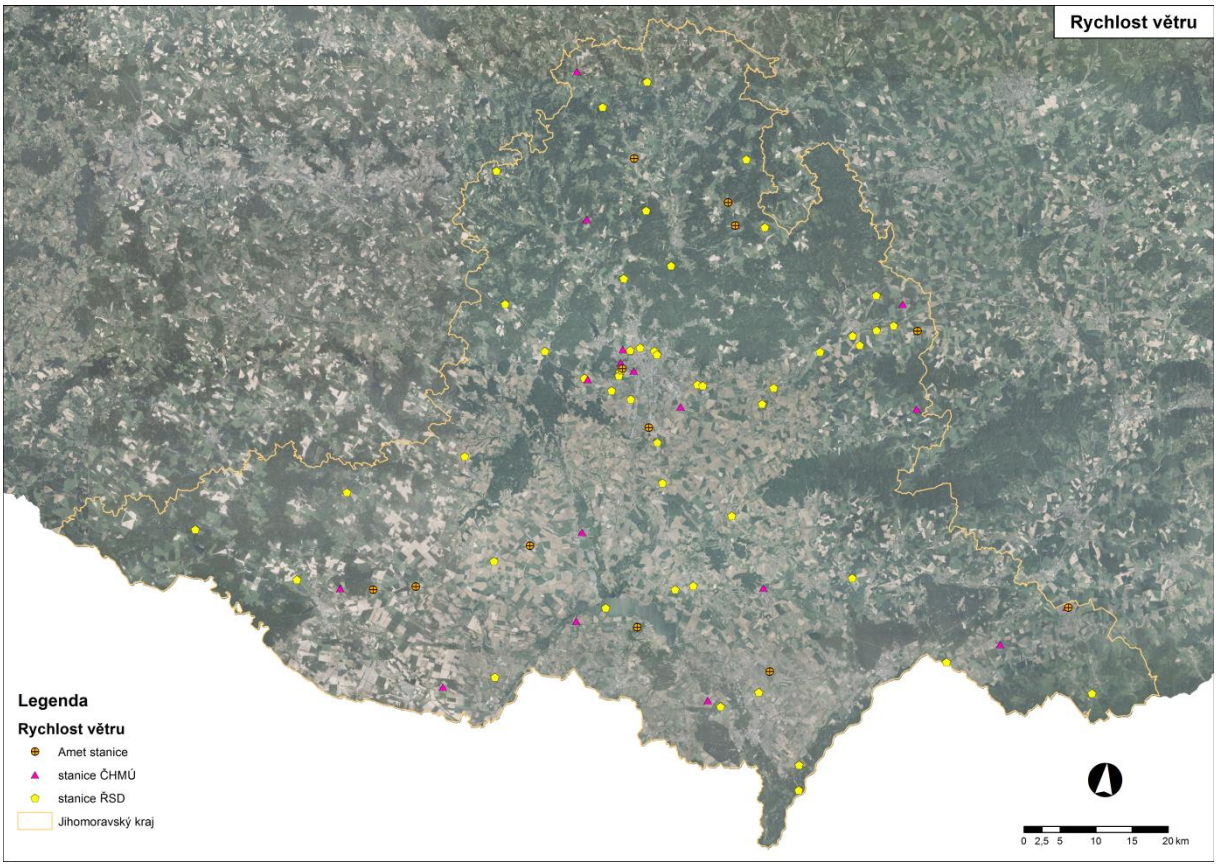
Obrázek 2: Stanice na měření globálního záření a slunečního svitu.



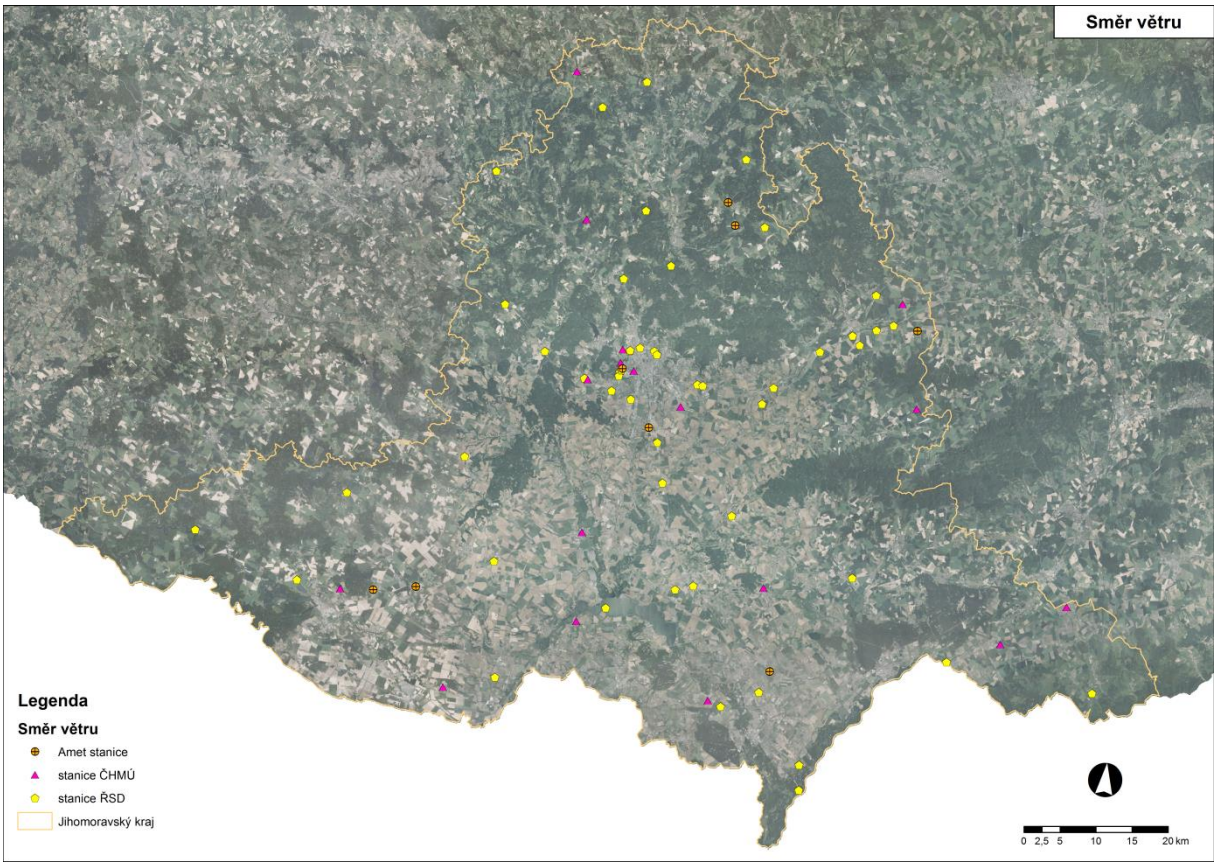
Obrázek 3: Stanice na měření přízemní teploty vzduchu.



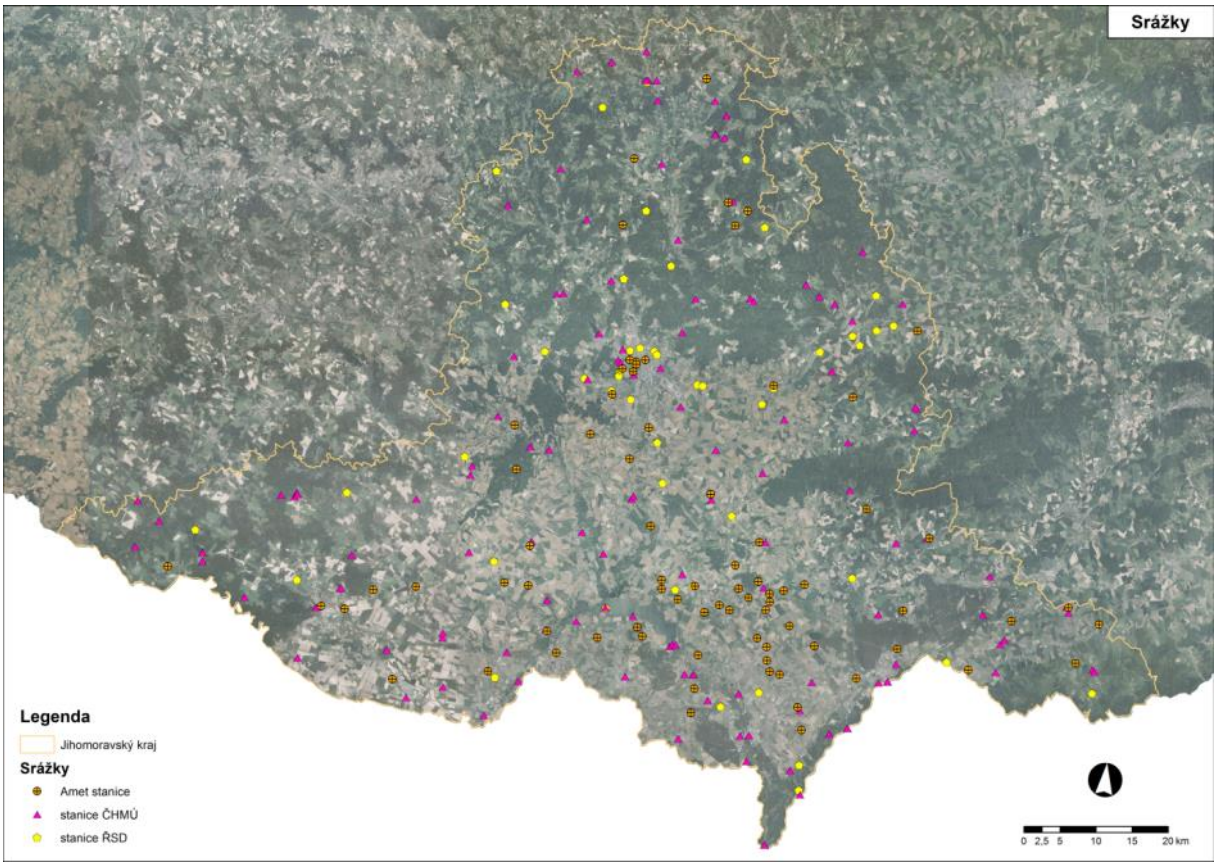
Obrázek 4: Stanice na měření rychlosti větru.



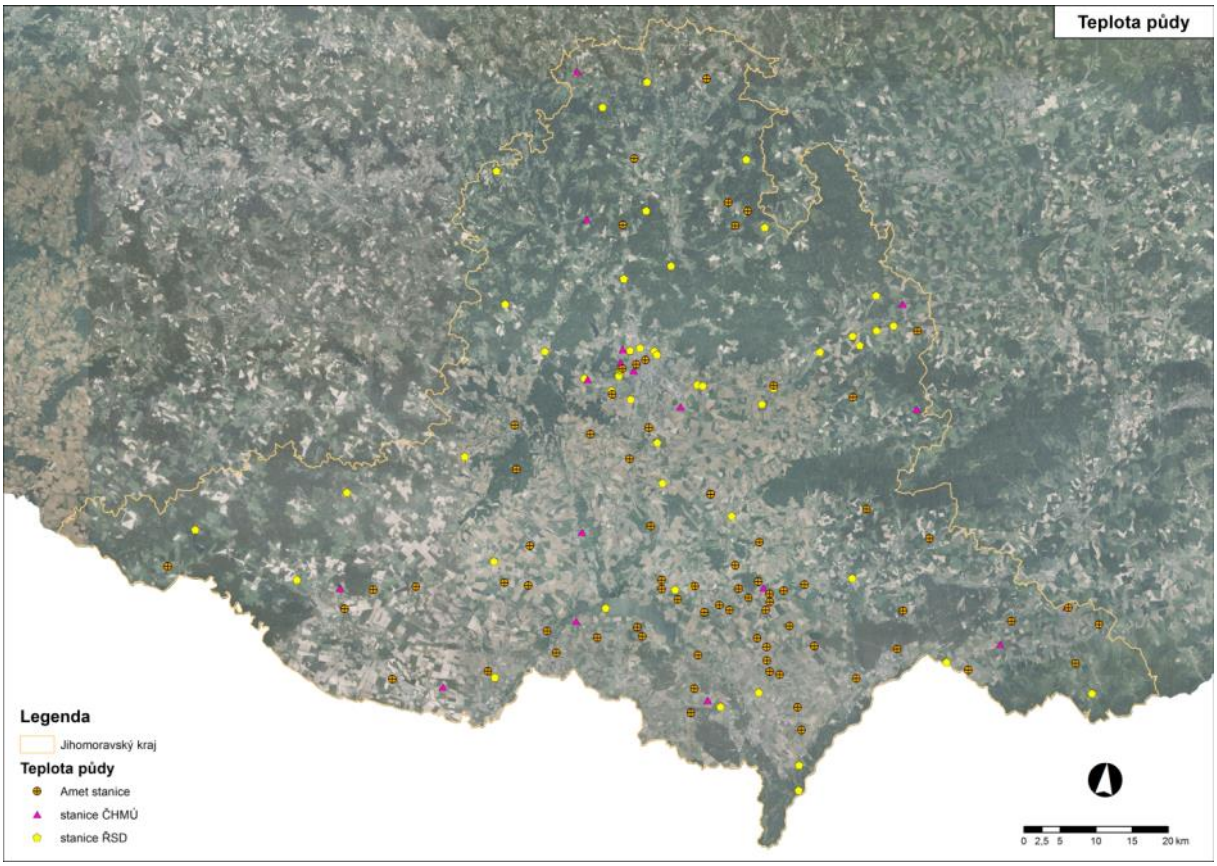
Obrázek 5: Stanice na měření směru větru.



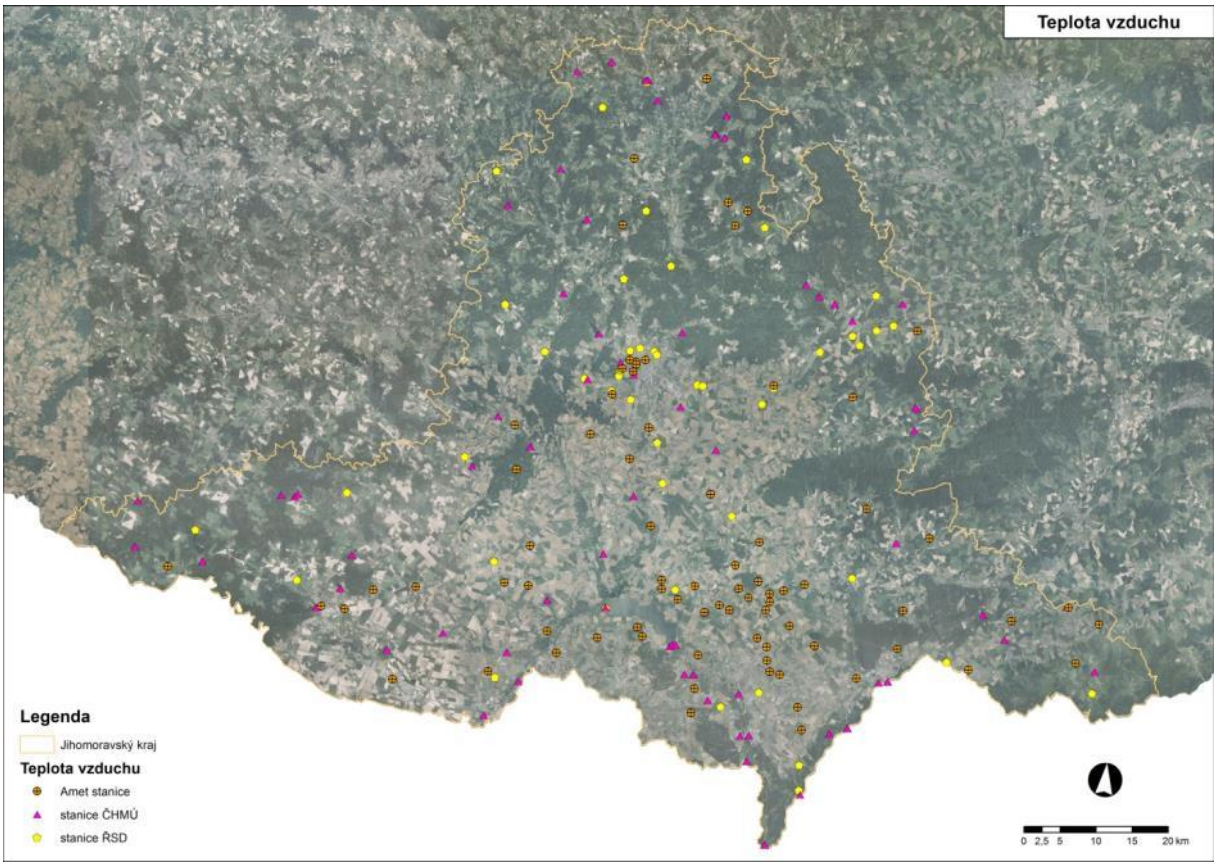
Obrázek 6: Stanice na měření úhrnu srážek.



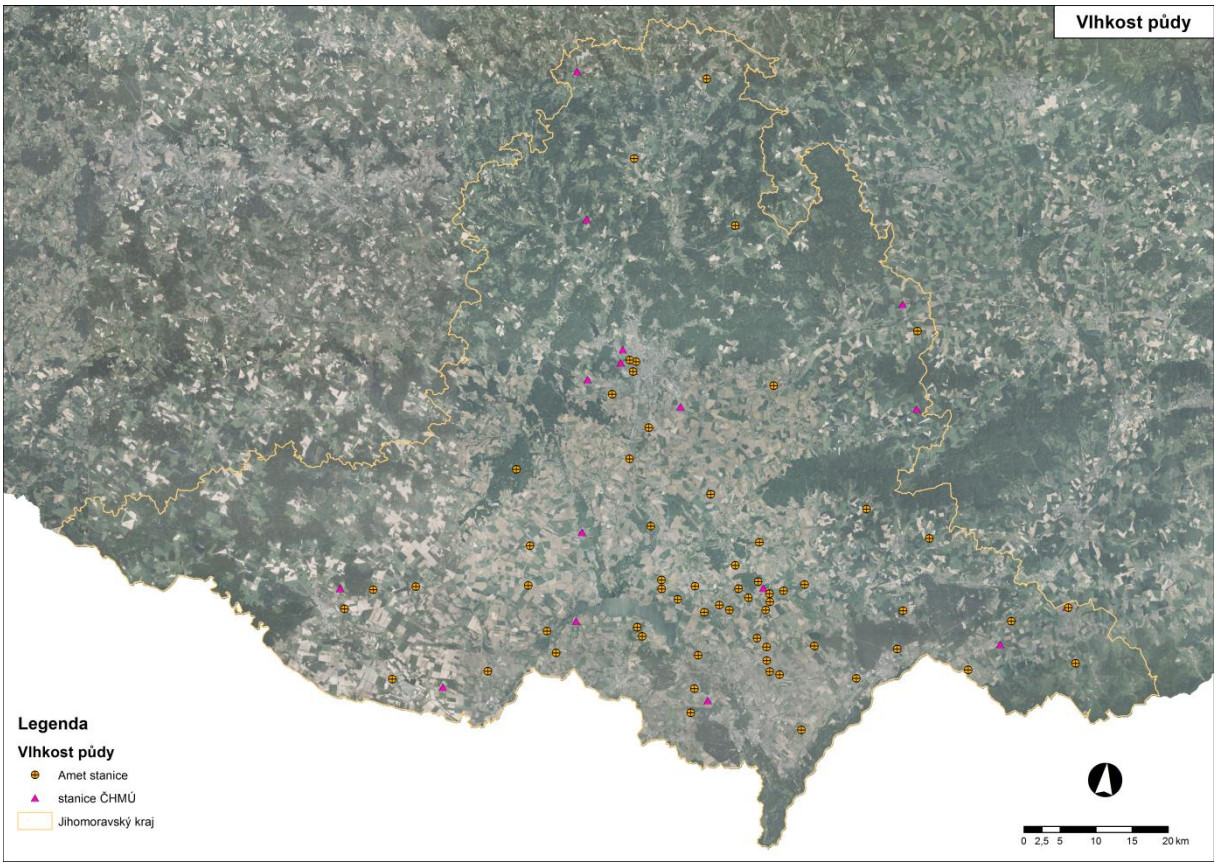
Obrázek 7: Stanice na měření teploty půdy.



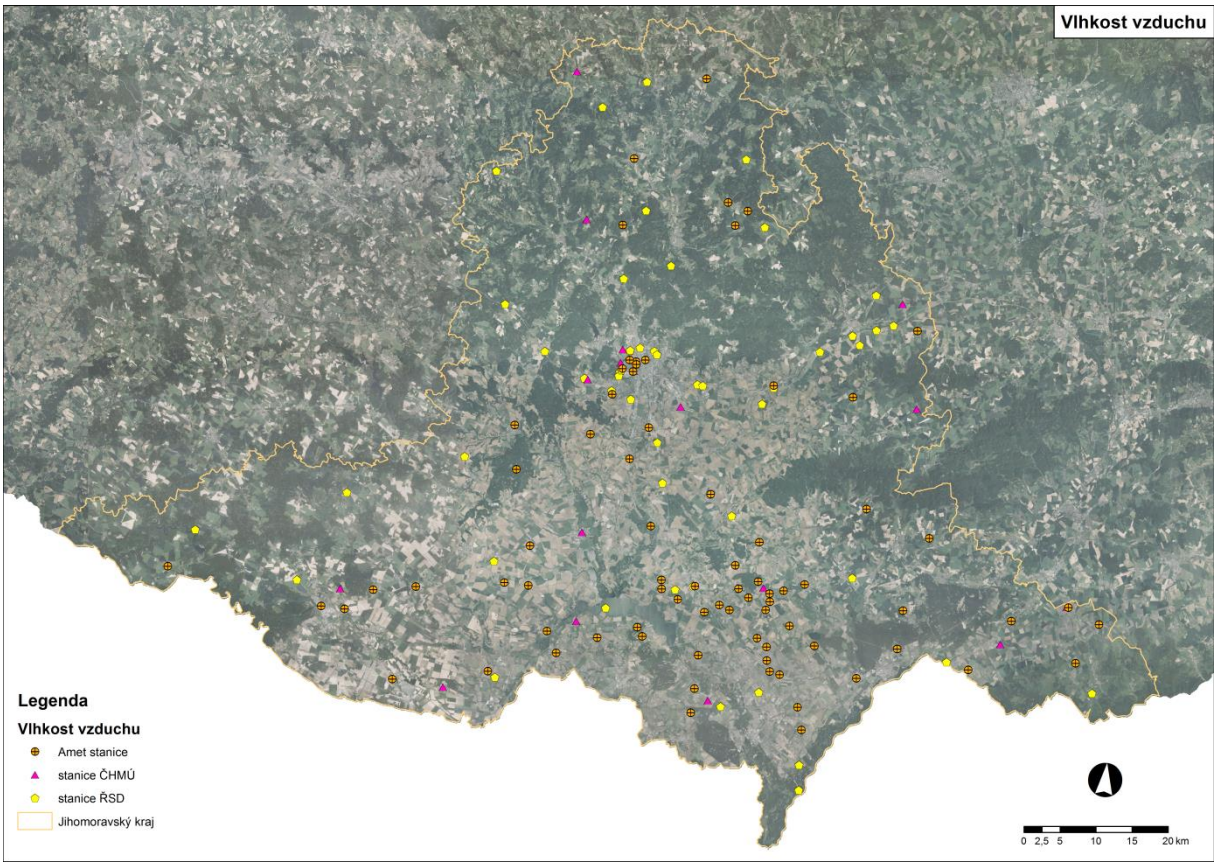
Obrázek 8: Stanice na měření teploty vzduchu.



Obrázek 9: Stanice na měření vlhkosti půdy.



Obrázek 10: Stanice na měření vlhkosti vzduchu.



# 7 ZÁVĚR

Sledování klimatické změny na území JMK se musí opírat o řadu údajů a pro účely tohoto projektu byly navrženy vegetační indexy detekující kondici vegetace, indikátory reflektující stav půdní vlhkosti, indikátory extremity a charakteru počasí a indexy potenciální produktivity území. Pro stanovení těchto indikátorů a indexů jsou využívaná data z monitorovacích stanic na území JMK. V rámci hodnocení dostatečného počtu měřících bodů v JHM byly zjištěny monitorovací aktivity v této oblasti (monitorovací stanice ČHMÚ, ŘSD a fa AMET).

Výhoda sítě ČHMÚ spočítá především v tom, že měření jsou prováděna podle standardu WMO (Světové meteorologické organizace), data jsou kontrolována specializovanými pracovníky (v denním kroku), jsou konzistentní jak v prostoru, tak v čase (v porovnání s minulými měřeními, 150 let nazpět). Jako dobrý stav se jeví spolupráce ČHMÚ s jinými institucemi, které provozují své sítě. Jednak tím zahušťují síť ČHMU, v určitých případech (při splnění podmínek měření) jsou měření srovnatelná a je možno provést kvalitnější kontrolu dat (jak dat ČHMÚ, tak dané instituce). Pro specifické účely (většinou ty, pro které byly zřízeny) jsou pak tyto doplňkové sítě nenahraditelné.

Naše současné znalosti (výpočtu, nahrazení hodnot) jsou takové, že při výpadku jedné stanice ze sítě ČHMÚ je možné, při ještě přijatelné míře nejistoty, tuto stanici nahradit. Při výpadku více stanic (v dané oblasti) se již dostaneme do stavu, kdy v současnosti existující klimatologické a statistické metody nebudou dostatečně fungovat a není možné jednak zaručit, že měření na zbylých stanicích jsou v pořádku a jednak doplnit údaje v prostoru (dáno jednak řídkou sítí stanic, jednak nejistotou implikovanou předešlým tvrzením o spolehlivosti „řídkých“ měření).

S ohledem na předpokládaný častější výskyt extrémních meteorologických situací (např. extrémní srážky) by měla být síť ČHMÚ v budoucnu přizpůsobována těmto extrémům a měla by být finančně a personálně zabezpečena časová udržitelnost této sítě.

# 8 POUŽITÁ LITERATURA

AMET: http://www.amet.cz/meteodupont.htm

ČHMÚ:http://portal.chmi.cz/files/portal/docs/poboc/OS/stanice/ShowStations_CZ.htm

# 9 SEZNAM OBRÁZKŮ

Obrázek 1: Přehled měřících stanic na území JMK.

Obrázek 2: Stanice na měření globálního záření a slunečního svitu.

Obrázek 3: Stanice na měření přízemní teploty vzduchu.

Obrázek 4: Stanice na měření rychlosti větru.

Obrázek 5: Stanice na měření směru větru.

Obrázek 6: Stanice na měření úhrnu srážek.

Obrázek 7: Stanice na měření teploty půdy.

Obrázek 8: Stanice na měření teploty vzduchu.

Obrázek 9: Stanice na měření vlhkosti půdy.

Obrázek 10: Stanice na měření vlhkosti vzduchu.

# 10 SEZNAM TABULEK

Tabulka 1: Souhrnný přehled klimatologických měřících stanic na území JMK.

# 11 POUŽITÉ ZKRATKY A SYMBOLY

ČHMÚ Český hydrometeorologický ústav

ČR Česká republika

GIS Geografický informační systém

JMK Jihomoravský kraj

ŘSD Ředitelství silnic a dálnic

WMO World Meteorological Organization (Světová meteorologická organizace)

# 12 PŘÍLOHY ZPRÁVY K DÍLČÍ AKTIVITĚ

-