

UNIVERZITA KARLOVA V PRAZE
PŘÍRODOVĚDECKÁ FAKULTA
Ústav pro životní prostředí

Ekologie a ochrana prostředí
Ochrana životního prostředí



BAKALÁŘSKÁ PRÁCE

**Vliv teploty a znečištění ovzduší na úmrtnost
obyvatel v roce 2003**

**Effect of temperature and air pollution on mortality
of the population in 2003**

Zpracovatel: Veronika Knobová
Školitel: RNDr. Iva Hůnová, CSc.

Září 2010

PROHLÁŠENÍ

Prohlašuji, že jsem celou bakalářskou práci vypracovala sama a všechny citace a prameny vyznačila v textu. Veškerou použitou literaturu a podkladové materiály uvádím v příloženém seznamu literatury.

V Čelákovících, dne 16. 8. 2010

.....

PODĚKOVÁNÍ

Děkuji především RNDr. Ivě Hůnové, CSc. za odbornou pomoc a podnětné konzultace při vypracování této bakalářské práce.

ABSTRAKT

V průběhu srpna 2003 se v zemích Evropy vyskytla 15-denní dlouhotrvající vlna veder s rekordními teplotami a neobvykle dlouho přetrvávající vysokou koncentrací ozonu, a to zejména během prvních čtrnácti dnů v srpnu. Během těchto prvních 2 týdnů v srpnu byly v několika zemích Evropy zaznamenány nové rekordy denní maximální teploty. Období červen až srpen 2003 se stalo nejteplejším létem v Evropě od 16. století. To s sebou neslo různé zdravotní dopady, zejména skokové zvýšení v úmrtnosti. Nadměrná úmrtnost spolu s touto vlnou začala rychle stoupat. Během 20 dnů v srpnu bylo zaznamenáno téměř 15 000 úmrtí jen ve Francii, která se stala nejvíce zasaženou zemí. Rozsáhlé zvýšení úmrtnosti bylo dále zaznamenáno v celé západní, jižní i částečně střední Evropě, zvláště pak ve Francii, Španělsku, Itálii, Velké Británii, Portugalsku, Švýcarsku a Německu. Tato práce se zabývá vlivem této vlny veder na úmrtnost obyvatel v Evropě. Zaměří se především na vliv teploty a dále také na vliv znečištění ovzduší ozonem a aerosoly na nadměrnou úmrtnost. Při vytváření této práce je vycházeno především ze zahraničních studií, které se této problematice týkají.

Klíčová slova: Léto 2003, teplota, úmrtnost, vlna veder, znečištění ovzduší

ABSTRACT

In August 2003 a 15-days lasting enormous wave of high temperature and unusually high ozone concentration affected several European countries. During first two weeks in August new daily temperature records were registered in several European countries. The summer in period from June to August 2003 became the warmest in Europe since 16th century. This fact evoked impact on health of population and even on bounce of the mortality. In 20 days in August France – as the most affected country – noticed almost 15 thousand casualties. The increase of the mortality was also registered in Western, South, partially in Central Europe but mostly in France, Spain, Italy, UK, Portugal, Switzerland and Germany. This bachelor thesis is focused on impact of temperature, ozone and aerosol pollution to increased mortality. The study is based mainly on foreign studies concerning this issue.

Keywords: Air quality, air temperature, heat wave, heat-related mortality, summer 2003

Obsah

1. Úvod	6
2. Vliv meteorologie na zdravotní stav obyvatel	7
2.1 Vliv teploty	8
3. Vliv znečištění ovzduší na zdravotní stav obyvatel	8
3.1 Vliv ozonu	9
3.2 Vliv suspendovaných částic	10
4. Charakteristika léta 2003	12
4.1 Meteorologická charakteristika léta 2003	12
4.2 Znečištění ovzduší v létě 2003	14
4.2.1 Ozonem	14
4.2.2 Suspendovanými částicemi	17
5. Vliv teploty a znečištění ovzduší na úmrtnost obyvatel v roce 2003	18
5.1 Západní Evropa	20
5.1.1 Velká Británie	20
5.1.2 Nizozemí	21
5.1.3 Francie	22
5.2 Jižní Evropa	25
5.2.1 Portugalsko	25
5.2.2 Španělsko	26
5.2.3 Itálie	26
5.3 Střední Evropa	27
5.3.1 Švýcarsko	27
5.3.2 Německo	28
5.3.3 Česká republika	29
6. Závěr	30
7. Použitá literatura	33

1. Úvod

Během léta roku 2003 (červen, červenec, srpen) byla většina Evropy ovlivněn vlnou veder. Toto léto 2003 bylo charakterizováno mimořádně vysokými hodnotami teplot, vztaženo na denní, týdenní i měsíční, a to zejména během prvních čtrnácti dnů v srpnu. Během těchto prvních 2 týdnů v srpnu byly v několika zemích Evropy zaznamenány nové rekordy denní maximální teploty, kupříkladu ve Velké Británii (38,5 °C), v Německu (40,2 °C), Švýcarsku (41,5 °C), Portugalsku (47,5 °C), České republice (36,8 °C).

Dokonce i podle sezónního měřítka bylo toto léto považováno za nejteplejší léto v Evropě od 16. století (Luterbacher et al., 2004).

Těžká vlna veder zasáhla nejvíce Francii počátkem srpna 2003. Například v Paříži v období od 4. do 12. srpna, co se týče průměrných teplot a délky trvání, zlomila všechny historické záznamy (od roku 1873) (Fouillet, 2009).

Nicméně, většina zdravotních dopadů, zejména skokové zvýšení v úmrtnosti, byla spojena s relativně krátkou vlnou veder, které se vyskytly během prvních čtrnácti dnů v srpnu 2003 (Díaz et al., 2006), spojenou s extrémním anticyklonálním charakterem (Trigo et al., 2005).

Nadměrná úmrtnost spolu s touto vlnou začala rychle stoupat. Během 20 dnů v srpnu bylo zaznamenáno téměř 15 000 úmrtí jen ve Francii (ve srovnání s průměrnou denní úmrtností ve stejném období v letech 2000 – 2002), to představuje nárůst úmrtnosti o 60 % (Conti et al., 2004).

V jižní Evropě měla tato vlna veder 2003 dva hlavní odlišné dopady, kromě dopadu na úmrtnost způsobila rozsáhlé požáry o celkové odhadované spálené ploše 450 000 hektarů, včetně 280 000 hektarů lesa (Trigo et al., 2006).

Mezi ostatní ekologické dopady, které pocítila celá západní Evropa, patří rozsáhlé ztráty na hospodářských zvířatech (např. kuřata), zvadlých plodinách (např. brambory, víno a obiloviny) a úbytku lesního porostu (UNEP, 2004).

Celkové ekonomické ztráty spojené s touto evropskou vlnou veder v roce 2003 byly odhadnuty na více než 10 miliard EUR (Munich, 2004).

Tato vlna veder vedla k výraznému zvýšení v počtu úmrtí v Evropě (Robine et al., 2008), převážně u starších lidí. Nejvíce utrpěla Francie (Fouillet, 2006), dále pak Španělsko (Díaz et al., 2006), Německo (Schönwiese et al., 2004), Itálie (Conti et al., 2004), Nizozemí (Garssen et al. 2005), Portugalsko (Trigo et al., 2009), Belgie (Sartor, 2004), Švýcarsko (Grize et al., 2005) a Spojeném království (Stedman, 2003).

V této práci se budu zabývat vlivem této vlny veder na úmrtnost obyvatel v Evropě. Zaměřím se především na vliv teploty a dále také na vliv znečištění ovzduší ozonem a aerosoly.

V počátečních jednotlivých kapitolách se zmíním o obecném vlivu počasí na zdraví obyvatel, především pak na vliv vysokých teplot, dále o vlivu ozonu na zdraví obyvatel a taktéž o vlivu aerosolu.

Dále je důležité pro lepší pochopení této letní vlny veder 2003 blíže charakterizovat meteorologickou situaci v Evropě, výskyt vysokých teplot, ráz cirkulace atmosféry či vliv výskytu tepelného městského ostrova. Taktéž zhodnotím znečištění ovzduší v Evropě v tomto období, především zvýšené koncentrace hlavního polutantu - přízemního ozonu, jeho překročení informačních hodnot a prahových hodnot pro varování veřejnosti a výskyt zvýšených koncentrací suspendovaných částic.

V hlavní části této práce budu charakterizovat jednotlivé vybrané evropské státy, především ty, které byly nejvíce zasaženy, z hlediska dopadu vlny veder 2003 na úmrtnost. Dosud byly (na jednu výjimku) vytvořeny pouze studie zabývající se pouze jednotlivými konkrétními státy Evropy. Pokusím se najít co nejvíce dosud vydaných studií týkajících se tohoto tématu, a především z těchto studií pak budu vycházet.

Po zpracování jednotlivých evropských států, které jsem vybrala tak, aby mohly systematicky charakterizovat zasaženou západní, jižní i střední Evropu (jmenovitě Velká Británie, Nizozemí, Francie, Portugalsko, Španělsko, Itálie, Švýcarsko, Německo a České republiky), se v závěru práce pokusím o shrnutí všech těchto vybraných zemí do celoevropského měřítká. A to z hlediska, jak se tato vlna veder léta 2003 v Evropě projevila v souvislosti s úmrtností, respektive jaký hlavní dopad měla teplota a znečištění ovzduší (hlavně přízemní ozon) na úmrtnost obyvatel v roce 2003.

2. Vliv meteorologie na zdravotní stav obyvatel

Počasí velmi silně ovlivňuje naše zdraví. Například velká horka škodí srdci, chlad kůži a plicím, vítr játrům, vlhko slezině a sucho ledvinám. Nejhuře snášejí horka lidé s kardiovaskulárním onemocněním. Se zimou se zase huře vypořádají osoby chudokrevné. Vliv počasí na lidský organismus podrobně zkoumá bioklimatologie.

Lidský organismus je cyklickým změnám počasí přizpůsoben. Prudké výkyvy ale ne každý jedinec snáší dobře. Někteří lidé jsou citliví i na velmi malé změny (jsou

meteorosenzitivní). Tého přecitlivělosti se říká meteorotropismus. Mezi meteorotropní nemoci patří i srdeční a cévní onemocnění nebo infekční choroby jako je chřipka. Intenzita citlivosti je ale dána i věkem, pohlavím a zdravotním stavem jedince. Lidé jsou stále vnímavější na výkyvy počasí, což je to dáno městským stylem života, kdy si organismus postupně odvyká na venkovní vlivy.

Mezi faktory, které ovlivňují hodnotu biozátěže, patří teplota, vlhkost vzduchu, srážky, rozptylové podmínky a spousta dalších. Problematickými se stávají především extrémní výkyvy počasí jako přílišné vedro, bouřka, silný vítr, mráz. Na náhlé výkyvy počasí, vedra a dusna reaguje náš organismus často velmi negativně. V takových dnech roste počet infarktů, mozkových cévních příhod, embolií a trombóz (www.zbynekmlcoch.cz).

2.1 Vliv teploty

Zdá se, že extrémní horkého počasí mají výraznější dopady na úmrtnost, než studená vlna epizod. Většina výzkumů ukazuje, že úmrtnost při extrémních teplotních událostí se liší podle věku, pohlaví a rasy. Mezi faktory spojené se zvýšeným rizikem z tepelné expozice patří alkoholismus, vyšší patra budov a použití sedativ. Mezi faktory spojené se sníženým rizikem patří používání klimatizace, časté cvičení, dostatek tekutin, zastínění domu. (Kalkstein, Valimont; 1987; McMichael et al., 2003)

Se sezónními výkyvy teplot jsou spojeny zdravotní potíže jako je zánět průdušek, peptické vředy, vředy nadledvin, glaukomy, struma, ekzémy atd. Srdeční selhání (nejčastěji infarkt myokardu) a cerebrovaskulární příhody představují dvě obecné úmrtnostní kategorie, které souvisí s okolní teplotou (McMichael et al., 2003).

Při vyšších teplotách tělo reaguje na tepelný stres tím, že nutí krev do okrajových oblastí na podporu tepelné ztráty přes kůži. Tím se zvyšuje centrální krevní tlak a podporuje se zúžení krevních cév v blízkosti jádra těla (Kalkstein, Valimont; 1987). Taktéž srdeční onemocnění mohou nastávat naopak i při velmi nízkých teplotách.

3. Vliv znečištění ovzduší na zdravotní stav obyvatel

Znečištění ovzduší je obecný termín používaný pro označení směsi látek, které jsou přirozeně nebo uměle introdukovány do ovzduší. Mezi nejlépe zdokumentované a také obvykle nejčastěji monitorované substance patří oxid siřičitý, oxidy dusíku, oxid uhelnatý, ozon, olovo a celkové suspendované částice (TSP). Hlavními zdroji těchto znečišťujících látek je spalování fosilních paliv (pro výrobu energie, průmyslové procesy a dopravu)

a pevných paliv (uhlí, dřevo, především pro domácí účely). Obavy z účinků znečišťujících látek na zdraví vedly k realizaci mnoha předpisů ke snížení emisí škodlivých látek znečišťujících ovzduší a jejich prekurzorů na mezinárodní, národní, regionální i místní úrovni.

Znečištění ovzduší se liší od jiných forem znečištění v tom, že jakmile se znečišťující látka dostane do ovzduší, expozici se nelze jednoduše vyhnout. Pokud se ve venkovním ovzduší města vyskytne vysoká úroveň znečištění vzduchu, lze očekávat, že převážná část populace bude této expozici vystavena. Odhaduje se, že 30 % až 40 % Evropanů, žijících ve městech jsou vystaveny průměrné koncentraci znečišťujících látek, jako je oxid siřičitý či oxid dusičitý, která převyšuje pokyny Světové zdravotnické organizace nebo Evropské unie (EEA, 2006). Nicméně ne každý kdo žije v těchto oblastech musí mít zákonitě zdravotní problémy.

Významnou roli při určení, zda jedinec bude mít zdravotní problémy způsobené znečištěním ovzduší, hraje úroveň, rozsah a trvání expozice, věk, individuální vnímavost a další faktory.

Znečišťující látky v ovzduší mohou být obzvláště škodlivé pro lidi patřící k vysoce rizikové skupině, jako jsou děti a starší lidé. Dále mezi rizikové skupiny obyvatelstva patří ti, kteří jsou vrozeně citliví na účinky látek znečišťujících ovzduší a lidé s kardiovaskulárními a respiračními onemocněními. Nejvyšší nárůst úmrtnosti se vyskytuje u starších pacientů – nad 60 let. K zranitelnosti vůči teplu ve stáří dochází z důvodu vnitřní změny v systému regulace teploty nebo díky přítomnosti léků, které ovlivňují normální homeostázy (Conti et al., 2004). Dalším faktorem u starší populace je velké procento lidí se zdravotním postižením.

Vystavení člověka znečištění ovzduší je spojeno s velkou řadou různých zdravotních účinků, od mírné změny v dýchacích cestách přes poškození plicních funkcí, až po omezení činnosti a snížení výkonu dýchacích cest, který může končit hospitalizací a úmrtím. Existuje stále více důkazů o nežádoucích účincích znečištění ovzduší nejen na respirační systém, ale rovněž na systém kardiovaskulární. Tento důkaz vychází ze studie akutních a chronických expozic WHO (2004). Mezi nejzávažnější účinky, pokud jde o celkovou zdravotní zátěž organismu, patří výrazné snížení průměrné délky života, které je především přisuzováno dlouhodobé expozici vysokých koncentrací znečištění ovzduší částicemi PM.

3.1 Vliv ozonu

Ozon je hlavním produktem složitých fotochemických procesů v dolní části atmosféry zahrnující oxidy dusíku a těkavé organické sloučeniny jako prekurzory tvorby ozonu. Ozon je

silný fotochemický oxidant. Ve zvýšené koncentraci způsobuje vážné zdravotní problémy a škody na ekosystémech, zemědělských plodinách a materiálech.

Ozon patří mezi dráždivé látky, jeho účinky mizí z 50 % do několika hodin a druhých 50 % účinků postupně odeznívá v horizontu týdne. Při delším pobytu v oblasti, kde jsou zvýšené koncentrace se může objevit pálení očí, nosu, krku, v některých případech i tlak na hrudi, kašel a bolesti hlavy. Reakce organismu je různá, záleží na predispozicích, úrovni aktuální fyzické aktivity a samozřejmě době působení – expozici (SZÚ, 2007).

Podle Světové zdravotnické organizace (2004) se první příznaky obtíží (snížení plicních funkcí) mohou objevit při překročení průměrné hodinové koncentrace $160 \mu\text{g}\cdot\text{m}^{-3}$.

Výběr důležitých zdravotních účinků vázaných na konkrétní znečišťující látky je shrnut v tabulce 1.

Tab. 1: Výběr důležitých zdravotních účinků vázaných na konkrétní znečišťující látky (WHO, 2004)

Polutant	Účinek krátkodobé expozice	Účinek dlouhodobé expozice
PM	<ul style="list-style-type: none"> • Plicní zánětlivé reakce • Respirační symptomy • Nežádoucí účinky na kardiovaskulární systém • Zvýšení užívání léků • Zvýšení hospitalizací • Zvýšení úmrtnosti 	<ul style="list-style-type: none"> • Zvýšení symptomu dolních dýchacích cest • Snížení plicních funkcí u dětí • Zvýšení chronické obstrukční plicní nemoci • Snížení funkce plic u dospělých • Snížení očekávané délky života, především kvůli kardiopulmonární úmrtnosti a pravděpodobně rakovinou plic
Ozon	<ul style="list-style-type: none"> • Nežádoucí účinky na plicní funkce • Plicní zánětlivé reakce • Nežádoucí účinky na respirační příznaky • Zvýšení užívání léků • Zvýšení hospitalizací • Zvýšení úmrtnosti 	<ul style="list-style-type: none"> • Snížení rozvoje funkce plic

3.2 Vliv suspendovaných částic

Termín PM (particulate matter) se používá k označení pevných nebo kapalných částic ve vzduchu. Tyto částice se mohou lišit ve velikosti, složení a původu. Účinek suspendovaných částic závisí na jejich velikosti, tvaru a chemickém složení. Velikost částic je rozhodující pro průnik a depozici v dýchacím traktu. Větší částice jsou zachyceny v horních partiích dýchacího ústrojí, obvykle se dostanou do trávicího ústrojí a jedinec je jim exponován také jejich požitím. Částice frakce PM_{10} (tzv. thorakální frakce) se dostávají pod hrtan do dolních cest dýchacích, jemnější částice označené jako $\text{PM}_{2,5}$ (tzv. respirabilní frakce) pronikají až do plicních sklípků. Největší podíl prachu se ukládá v plicích při velikosti částic mezi 1 až 2 μm (SZÚ, 2006). Částice menší než 0,001 μm jsou téměř všechny zase

vydechovány. Aerosolové částice s největší hustotou pravděpodobnosti výskytu v atmosféře mají velikost kolem 0,3 μm , jsou tedy prostým okem nerozlišitelné (Braniš, Hůnová; 2009). Účinky suspendovaných částic jsou dále ovlivněny jejich chemickým složením a adsorpcí dalších znečišťujících látek na jejich povrchu.

Suspendované částice dráždí sliznici dýchacích cest, mohou způsobit změnu morfologie i funkce řasinkového epitelu, zvýšit produkci hlenu a snížit samočisticí schopnosti dýchacího ústrojí. Tyto změny usnadňují vznik infekce. Recidivující akutní zánětlivá onemocnění mohou vést ke vzniku chronické bronchitidy a chronické obstrukční nemoci plic s následným přetížením pravé srdeční komory a oběhovým selháváním. Efekt krátkodobě zvýšených koncentrací suspendovaných částic frakce PM_{10} se projevuje zvýrazněním symptomů u astmatiků a zvýšením celkové nemocnosti i úmrtnosti (SZÚ, 2006).

Účinkům suspendovaných částic na zdraví je věnována stále velká pozornost, přesto stále neexistuje prahová koncentrace, která by byla bez účinků. Za nejvýznamnější z hlediska vlivů na zdraví se považuje nejjemnější frakce suspendovaných částic $< 2,5 \mu\text{m}$, na které se významně podílí sekundární vznik částic chemickými reakcemi původně plynných látek v ovzduší, jako je oxid dusičitý a siřičitý.

Mezi nejčastěji popisované efekty patří ovlivnění nemocnosti a úmrtnosti, ke kterým dochází již při velmi nízké úrovni expozice.

Epidemiologické studie dále uvádějí vztahy mezi změnami denních imisních koncentrací PM_{10} a počtem hospitalizací pro respirační onemocnění, spotřebou léků k rozšíření průdušek, frekvencí výskytu příznaků onemocnění dýchacího traktu (např. kašel) a změnami plicních funkcí. Jako sumární odhad z různých epidemiologických studií vztažený ke zvýšení denní průměrné koncentrace PM_{10} o $10 \mu\text{g}\cdot\text{m}^{-3}$ uvádí WHO konkrétně zvýšení počtu hospitalizací z důvodů respiračních onemocnění o 0,8 %, nárůst použití léků k rozšíření průdušek při astmatických potížích o 3 %, zvýšení počtu lidí trpících kašlem o 3,6 % a lidí s podrážděním dolních dýchacích cest o 3,2 %.

Pro hodnocení dlouhodobých účinků na základě ročních průměrných koncentrací existuje podstatně méně podkladů. Pozorované se většinou týkají snížení plicních funkcí u dětí i dospělých, výskytu symptomů chronické bronchitidy, spotřeby léků pro rozšíření průdušek při dýchacích obtížích a zkrácení očekávané délky života (SZÚ, 2006).

Epidemiologické studie z USA naznačují, že očekávaná délka života v oblasti s vysokou imisní zátěží může být o více než rok kratší ve srovnání s oblastmi se zátěží nízkou.

4. Charakteristika léta 2003

4.1 Meteorologická charakteristika léta 2003

Během srpna 2003 byly napříč celou Evropou zaznamenány rekordně vysoké teploty. Nejvíce zasaženou zemí se stala Francie. Léto 2003 bylo velmi suché a hlavně mimořádně teplé, pro Českou republiku podle klementinské teplotní řady dokonce nejteplejší od roku 1775, kdy začalo pravidelné měření. Lze předpokládat, že bylo výjimečné i co se týče cirkulace atmosféry, která rozhodujícím způsobem určuje ráz počasí (Pavlík et al., 2003).

Léto roku 2003 bylo nejteplejším rokem vůbec zaznamenaným v Evropě. Léto bylo ovládáno anticyklonálními režimy počasí příznivými pro rozvoj tepla a suchem. (Vautard et al., 2007).

Je však třeba mít na paměti další dva faktory. Jedním z nich je rostoucí vliv tepelného ostrova města na teplotu vzduchu. Tím druhým faktorem je globální oteplování, přirozené i antropogenní, které za posledních několik desítek let činí pravděpodobně necelých 1 °C (Pavlík et al., 2003). Pro Českou republiku je udáván nárůst průměrných letních teplot o 1,2 °C za posledních 40 let (Květoň, 2001).

Podle epidemiologické studie provedené v Itálii (Conti et al., 2004) mají jedinci žijící ve městech při vysoké teplotě a vlhkosti zvýšené riziko úmrtí ve srovnání s jedinci žijícími v předměstských a venkovských oblastech. Městské oblasti mají vyšší tepelné indexy (kombinace teploty a vlhkosti) než v okolních předměstských a venkovských oblastech. Mezi nejdůležitější faktory, které ovlivňují městské mikroklima patří antropogenní výroba tepla, umělé osvětlení domácích a kancelářských zařízení, klimatizace, proudění vzduchu, hustota a výška budov. Rychlost větru je obecně nižší než v otevřené krajině.

Uvedené faktory sice snižují význam cirkulace atmosféry pro teplotní mimořádnost léta 2003, ta však nepochybně rozhodujícím faktorem zůstává.

V roce 2003 trvalo neobvykle dlouho období, kdy ráz cirkulace atmosféry byl příznivý pro nadnormální teploty vzduchu, a to především v západní, střední i jižní Evropě, od poloviny dubna do počátku září. Nad střední Evropou se během června, července a srpna vyskytoval hřeben vyššího tlaku vzduchu a brázda nižšího tlaku vzduchu byla nad Atlantikem. Konfigurace těchto útvarů způsobovala příliv teplého vzduchu od jihozápadu do západní a střední Evropy. Taktéž byla příčinnou nízké srážkové činnosti především nad střední Evropou (Pavlík et al., 2003).

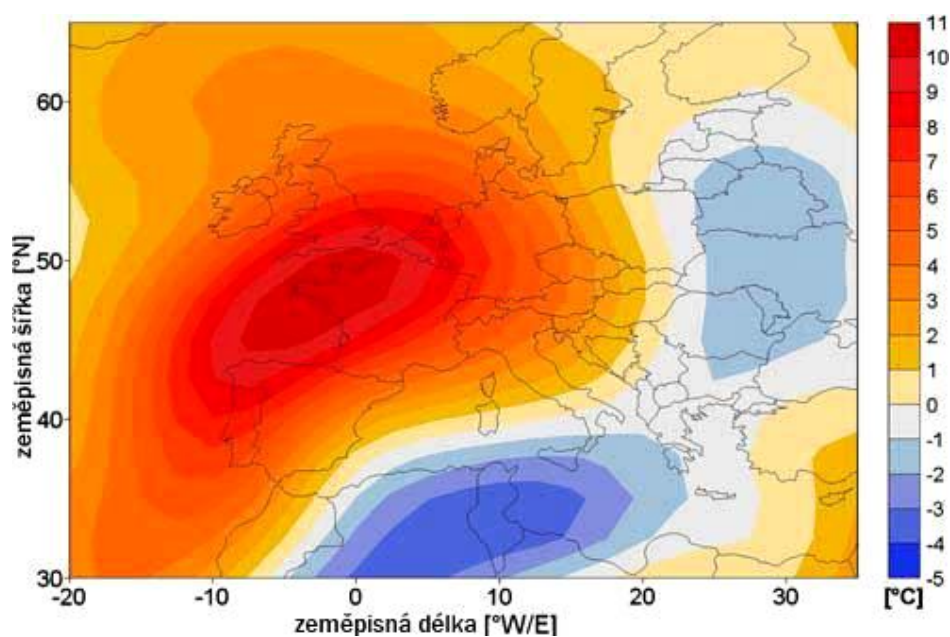
V důsledku sucha v červnu počasí přetrvávalo až do července a pomohlo při vytváření tepelné vlny srpna.

Většinu času bylo proudění větru anticyklonální a vzduch byl recirkulován v celé Evropě a přes Středozemní moře, jak také vyplynulo z analýzy simulace ozonu. Tato stagnace a recirkulace vedla k nahromadění znečišťujících látek spolu s akumulací tepla. (Vautard et al., 2007).

Mimořádnost léta z hlediska teplot nespočívala ani tak v absolutně nejvyšších teplotách jako v délce trvání nadprůměrných teplot (Pavlík et al., 2003).

V průměru za měsíce červen, červenec a srpen teplotní anomálie v celé Evropě byla asi 3 °C a zvyšovala se až 5 – 6 °C ve střední Evropě (Beniston, Diaz; 2004). Tato výjimečná anomálie se s největší pravděpodobností ukázala jako nejvyšší od středověku (Vautard, 2007).

Léto 2003 s nebyvalou vlnou veder, která se vyskytla během prvních dvou týdnů v srpnu 2003 se může stát varovným příkladem epizody změny klimatu a jeho dopadů během extrémních let.



Obr. 1: Teplotní anomálie v Evropě během 1. až 10. srpna 2003 (Kyselý, Kříž; 2008)

Mezi očekávané dopady změn klimatu je zvýšení četnosti extrémních meteorologických jevů. Extrémy, jako jsou povodně, sucha a vlny veder vytvářejí hospodářské, sociální a zdravotní dopady. Tito extrémy proto musí být studovány, hlavně proto, aby se mohly dát předvídat.

4.2 Znečištění ovzduší v létě 2003

4.2.1 Ozonem

Škodlivé koncentrace ozonu jsou pozorovány po celé Evropě. Tvorba ozonu se uskutečňuje v různých prostorových a časových škálách: vysoká emisní hustota reaktivních prekurzorů v městských oblastech může vést k vysokým koncentracím ozonu na území města nebo na krátké vzdálenosti po větru. Ale prekurzory ozonu mohou být také přepravovány na vzdálenost stovky až tisíce kilometrů, což vede k tvorbě ozonu daleko od zdrojů.

Formování ozonu v atmosféře je komplikovaný fotochemický proces. V troposféře (spodní část atmosféry), vznik ozonu plyne z řetězců mechanismů týkajících se fotochemických reakcí oxidů dusíku zřetěženého s oxidativním rozkladem VOC, oxidu uhelnatého a methanu iniciované hydroxylovými radikály. Množství ozonu tvořící se v průběhu ozonové epizody je závislé nejen na intenzitě slunečního záření a koncentraci prekurzorů, ale i na poměru koncentrace VOC a NO_x (Stedman, 2007).

Epizody vysokých koncentrací ozonu se typicky vyskytují v situacích s vysokým atmosférickým tlakem a teplotních inverzí. Za těchto stagnujících podmínek jsou emise prekurzorů ozonu jen pomalu rozptylovány v ovzduší.

K výjimečně dlouhotrvajícím a prostorově rozsáhlým epizodám vysoké koncentrace ozonu došlo v Evropě hlavně v první polovině srpna 2003. Tyto epizody se zdají být spojené s mimořádně vysokými teplotami na většině území Evropy.

K epizodám se zvýšenými hladinami ozonu dochází především v období teplého a slunečného počasí. V zemích Středomoří, kde je delší období teplého a slunečného počasí v létě, se může ozon rychle tvořit a vysoké koncentrace se mohou vyskytovat po mnoho dnů, především v okolí urbanizovaných center. V severní Evropě je tvorba ozonu pomalejší díky mírnějším stavu počasí.

Povětrnostní podmínky v průběhu první poloviny srpna 2003, vyznačující se výjimečně vysokými teplotami i v noci a pokrývající velkou část jižní, západní a střední Evropy, způsobily dlouho-trvající epizodu se zvýšenou koncentrací ozonu (UNEP, 2004).

Meteorologická situace v první polovině srpna 2003 byla charakterizována dlouhotrvající tlakovou výší vzduchu nad jihozápadní Evropou. Během ozonové epizody v první polovině srpna byla osa hřebenu vysokého tlaku umístěna nad Francií, západním Německem, Švýcarskem a severní Itálií. V těchto oblastech vysokého tlaku byly stagnující podmínky spojeny s dlouhotrvající vysokou koncentrací ozonu. Naproti tomu střední Evropa

(Česká republika) byla ovlivněna převládajícím relativně čistším prouděním ze severu (Pavlík et al., 2003).

Vysoké koncentrace ozonu se vyskytovaly jak v městských stanicích, tak i na venkovských. Koncentrace ozonu jsou obvykle vyšší ve venkovských místech, než v zastavěných oblastech, v důsledku titrace ozonu čerstvě emitovaného oxidu uhelnatého z dopravy nebo průmyslu. (Vautard, 2007).

Přizemní ozon je jeden z nejobávanějších polutantů v Evropě. Koncentrace v dolní atmosféře i nadále překračují hranice stanovené právními předpisy Evropské Unie na ochranu lidského zdraví a ochranu před poškozováním ekosystémů, zemědělských plodin a materiálů.

Podle směrnice Rady Evropy 92/72/EHS o znečišťování ovzduší ozonem, členské státy EU musí informovat veřejnost, kdy hodinové průměrné koncentrace ozonu překračují informační hranici $180 \mu\text{g}\cdot\text{m}^{-3}$ a kdy prahovou hranici $360 \mu\text{g}\cdot\text{m}^{-3}$, aby dotyčné obyvatelstvo mohlo přijmout veškerá vhodná preventivní ochranná opatření. Tato směrnice 92/72/EHS byla nahrazena novou směrnicí o ozonu 2002/3/EC, která vstoupila v platnost 9. září 2003. V této směrnici je informační prahová hodnota stejná jako ve staré. Jako varovná prahová hodnota hodinové průměrné koncentrace je $240 \mu\text{g}\cdot\text{m}^{-3}$.

K překročení varovné prahové hodnoty (hodinové průměrné koncentrace $360 \mu\text{g}\cdot\text{m}^{-3}$) došlo ve Francii v průběhu srpna na jedné stanici po dobu dvou hodin a dále v Itálii a Rumunsku v červnu v každé zemi na jedné stanici po dobu jedné hodiny. Maximální hodinové koncentrace ozonu byly hlášeny pro rok 2003 $417 \mu\text{g}\cdot\text{m}^{-3}$ na monitorovací stanici ve Francii (EEA, 2003). Ve Francii byla nejvyšší hodinová hodnota koncentrace ozonu ($417 \mu\text{g}\cdot\text{m}^{-3}$) zaznamenána dne 3. srpna nedaleko Marseille. Ve venkovských oblastech byla koncentrace ozonu také velmi vysoká a často nad doporučení EU práh ($180 \mu\text{g}\cdot\text{m}^{-3}$). Kromě toho mimořádně vysokých hodnot byli lidé svědky i v oblastech, kde je koncentrace ozonu obecně nízká, např. v Bretani dne 9. srpna 2003 (Vautard et al., 2004).

Tab. 2: Překročení prahové hodnoty pro varování veřejnosti v roce 2003 (hodinová koncentrace ozonu $> 360 \mu\text{g}/\text{m}^3$) (EEA, 2003)

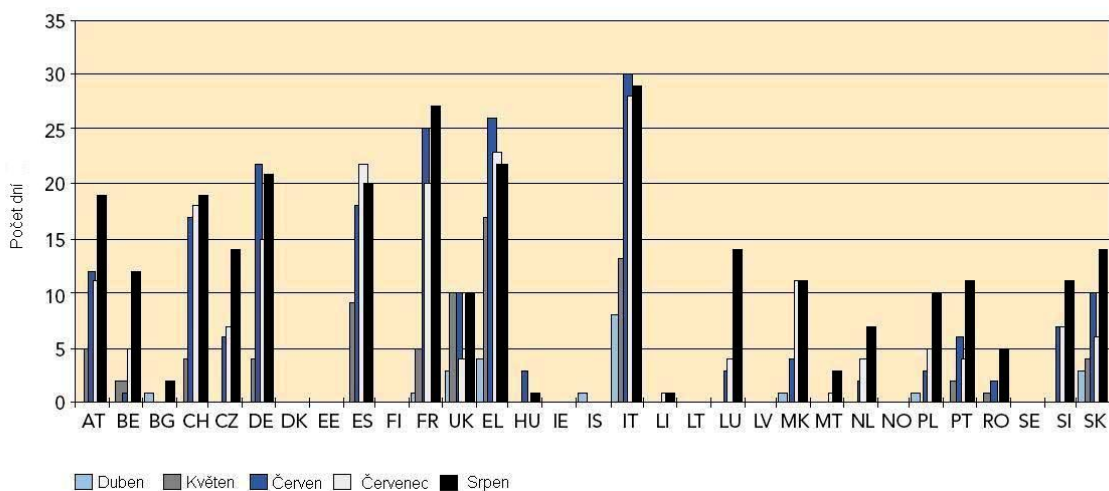
Země	Stanice	Datum	Čas / délka trvání (v hodinách)	Maximální koncentrace ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)
Francie	Sausset les Pins	3. srpna	14.00 / 2	417
Rumunsko	CL-C1 Chiciu	14. června	19.00 / 1	394
Itálie	Varenna	12. června	18.00 / 1	368
Francie	Sausset les Pins	5. srpna	13.00 / 1	363

Podle EEA (2003) se v létě 2003 překročení informativní prahové hodnoty (hodinové průměrné koncentrace $180 \mu\text{g.m}^{-3}$) vyskytlo u 23 z 31 zemí Evropy. Asi 68% všech stanic celé Evropy (1 220 stanic) oznámilo jedno nebo i více překročení. Prostorové rozložení těchto překročení pozorovaných v létě 2003 bylo mnohem rozsáhlejší než v předchozích letech.

S výjimkou severní část Evropy, ve většině zemí poskytujících informace bylo alespoň jeden den v létě 2003 zaznamenáno překročení informativní prahové hodnoty koncentrace ozonu. Více než deset těchto dnů bylo zaznamenáno především v jihozápadním Německu, Švýcarsku, severní a jihovýchodní Francie, Belgie, severní a střední Itálie a centrálním Španělsku.

I přes výjimečně dlouhotrvající teplé počasí v průběhu léta roku 2003, ovlivňující celé území jižní, západní a střední Evropy, počet překročení varovné úrovně v roce 2003 se zásadním způsobem neodlišuje od počtu případů překročení zjištěného v předchozích letech.

Pro srovnání, v průběhu v léta roku 2002, kdy teploty nedosáhly tak vysokých jako v roce 2003, práh hodnoty pro varování obyvatelstva byl překročen v podobném čase několikrát, nejvyšší hodinová koncentrace ozonu byla hlášena $391 \mu\text{g.m}^{-3}$. Podle statistiky EEA byla například v roce 2002 varovná hranice překročena v červnu na jedné francouzské, jedné italské a dvou stanicích španělských. V roce 2001 na jedné francouzské a jedné španělské stanici.



Obr. 2: Počet dní v létě 2003 kdy byla alespoň jednou překročena hodnota koncentrace ozonu $180 \mu\text{g.m}^{-3}$ (informační hranice pro obyvatele) (EEA, 2003)

Oblasti s nejvyšším počtem překročených dní odpovídají regionům s nejvyšší hustotou emisí prekurzorů ozonu z dopravy a průmyslové výroby.

Tlakovou výši, která přetrvávala během první poloviny srpna 2003 nad západní Evropou podporoval rozvoj mimořádně vysokých teplot (často v blízkosti nebo nad 40 °C). Tato výjimečně dlouhotrvající vlna veder vedla též k těžkým zdravotním problémům, zejména ve Francii, kde je jí přisuzováno asi 15 000 úmrtí, a to zejména na konci epizody (Vautard et al., 2004). Vlna veder byla doprovázena výjimečně dlouhou fotochemickou epizodou.

Nejvyšší denní maximální koncentrace byly nezvykle vysoké ve třech obdobích léta 2003: v první polovině června, v druhém a třetím týdnu v červenci a po většinu srpna (Vautard, 2007).

4.2.2 Suspendovanými částicemi

Ozon nebyla jediná znečišťující látka během stagnující vlny veder celého léta 2003. Aerosolové částice, které patří taktéž mezi polutanty ohrožující lidské zdraví, se během tohoto období vyskytovaly ve zvýšených koncentracích. Podmínky počasí v tepelné vlně byly příznivé jak pro akumulaci pravidelných antropogenních aerosolů z emisí, tak pro chemický vznik sekundárních aerosolových komponent. Kromě těchto zdrojů velkoryse přispěly ke zvýšení aerosolových koncentrací sporadické emise jako prachové částice foukané ze suché půdy, přenos saharské prachu a kouř emitovaný lesními požáry.

Během léta 2003 jižní Evropa zažila jeden z nejtěžších sezónních požárů v posledních dvou desetiletích. Kombinace abnormálně vysoké teploty a sucha měla za následek řadu mimořádně velkých požárů, zejména v oblasti Pyrenejského poloostrova a západní části Středomoří, uvolňující do ovzduší značné množství kouřových částic. Hlavní zdroje emisí se nacházely v centrálním a jižním Portugalsku, jižní Francii, Itálii a východním pobřeží Jaderského moře (Trigo et al., 2006).

Studie Vautard et al. (2007) uvádí, že k nejvíce intenzivním požárům došlo v centrálním Portugalsku v první polovině srpna (3. a 5. srpna), kdy shořela plocha 380 000 ha (5 % rozlohy lesů), což je pro Portugalsko nejvíce od roku 1980. Odhady ukazují, že požáry přinesly více než 100 kt primárních kouřových částic PM_{2,5} (částice menší než 2,5 mikrometrů v průměru) během teplotní vlny 1. až 15. srpna, což je srovnatelné množství s celkovým počtem antropogenních emisí PM_{2,5} za stejnou dobu v celé západní Evropě.

Ačkoliv k požárům došlo na lokální úrovni a v omezené době, jejich vliv na aerosolové, chemické a radiační vlastnosti byl významný, a to nejen v blízkosti zdroje požárů, ale i ve velké části Evropy v důsledku dálkového přenosu kouře.

Velký nárůst průměrné koncentrace PM₁₀ (z 20 % na 200 %) během vlna veder byl zaznamenán v několika regionech Evropy. Největší nárůst koncentrace PM₁₀ byl nalezen v místech 200 km od zdroje požáru (až 40 mg.m⁻³), další mírnější nárůst (5 mg.m⁻³) byl pozorován nad jižním Středomořím a v zemích Beneluxu (EC, 2004).

Kromě kouřových aerosolů, akumulace antropogenních částic během stagnující vlny veder přivedla vysokou koncentraci PM v blízkosti hlavních evropských městských a průmyslových oblastí. Např. v Paříži dosáhla denní průměrná koncentrace PM₁₀ 50 mg.m⁻³ a překročila tak evropské normy (Vautard, 2007).

Většina evropských studií pro jednotlivé státy týkající se tohoto extrémního léta 2003 se snaží o zjištění, kolik nadbytečných úmrtí může být této vlně veder přisuzováno.

Proto jsem se snažila ze studií jednotlivých států shrnout hlavní fakta a výsledky průzkumů a spojit tak vše do celoevropského kontextu.

5. Vliv teploty a znečištění ovzduší na úmrtnost obyvatel v roce 2003

Dopady teploty v létě 2003 na zdraví byly velmi dramatické. Celkový přírůstek úmrtnosti je podle studie Světové zdravotnické organizace (2005) odhadnut pro celou Evropu asi na 35 000 úmrtí v době mezi 1. až 20. srpnem. Největší počet obětí byl zaznamenán ve Francii, kolem 15 000 úmrtí, což je o více než 54 % oproti normálu (Hémon, Jougla, 2004).

Další země Evropy byly také tvrdě zasaženy, například Švýcarsko s úmrtností vyšší o 7 %, což činí asi 1 000 úmrtí (Grize et al., 2006), Španělsko s nárůstem o 15 % (Navarro et al., 2004), dále Velká Británie s nárůstem o 2 000 úmrtí (Stedman, 2004), Itálie o 3 100 úmrtí (Conti et al., 2005) nebo Nizozemí s nárůstem 1 000 až 1 400 úmrtí (Fischer, 2004). Tato úmrtí byla především v městech, kde bývá vyšší teplotní anomálie.

V Paříži úmrtnost vyvrcholila 12. srpna, na konci nejvyšší teplotní epizody, kdy bylo zaznamenáno o 142 % vyšší přírůstek úmrtnosti, což bylo nejvíce z celého léta 2003 (Vautard et al., 2007).

Většina z těchto úmrtí byla mezi zranitelnými staršími lidmi. Mezi faktory životního prostředí, které vedou k nadměrné úmrtnosti, se jako dominantní jeví teplo samo o sobě, a to zejména teplota v prostředí zranitelných lidí a v okolí budovy (Vandentorren et al., 2006). Zhoršená kvalita ovzduší a expozice fotooxidanty jako je ozon a souvisejících znečišťujících látek v tepelných vlnách byly rovněž citovány jako důležitý rizikový faktor, přestože odhady tohoto rizika se liší hodně od jedné studie k druhé.

Například v Nizozemsku Fischer et al. (2004) odhaduje, že asi 400 až 600 extra úmrtí (což je více než 1/3) bylo v důsledku vystavení vysokým koncentracím ozonu během vlny horka. Stedman (2004) předpovídal počet nadbytečně zemřelých 400 až 800 v Anglie a Wales (20 - 40 %). Ve Francii, podrobné multivariační analýzy provedené v devíti městech ukázaly, že čísla se pohybují různě od jednoho města do druhého (Filleul, 2006). V Paříži je odhadované nadměrné riziko kvůli ozon jen asi 7 %, zatímco v Marseille přesahuje 50 %.

Všichni si sice pamatujeme 15 000 úmrtí navíc způsobených vlnou veder v srpnu 2003 ve Francii, nicméně o šest let později ještě nikdo nevěděl přesný kumulativní počet evropských obětí, ačkoli několik desítek vědeckých zpráv týkajících se této akce již bylo zveřejněno. První posouzení počtu úmrtí bylo vydáno v březnu 2004 Organizací spojených národů pro životní prostředí (UNEP), která odhadla počet obětí v evropském měřítku překračující 30 000. Podobný odhad byl zveřejněn o dva roky později, kdy byly k dispozici studie týkající se různých letních období (Haines et al., 2006). A bylo navrženo rozmezí mezi 27 000 a 40 000 úmrtí v závislosti na zdroji dat, metodice a referenčních obdobích. Celkem více než 38 000 úmrtí v průběhu srpna 2003 bylo prohlášeno v sedmi evropských zemích (Robine et al., 2008). Tato rozdílná čísla naznačují, že globální posouzení nadměrné úmrtnosti je obtížné, ne-li nemožné, protože žádné standardizované odhady jednotlivých evropských zemí nebyly provedeny pro vlnu veder 2003 (Kovats, Elbi, 2006). Tiskové zprávy vydané statistickými institucemi uváděly nadměrné úmrtnosti, potenciálně dosahující 13 000 úmrtí ve Španělsku a 20 000 úmrtí v Itálii. Tato situace, v kombinaci se současnými zájmy o globálním oteplování, vedla Evropskou unii zahájit celosvětovou studii o nadměrné úmrtnosti v Evropě v létě roku 2003 (Robine et al., 2008).

Úmrtnostní krize se během srpna protáhla přes dva týdny mezi 3. a 16. srpnem. V 12 evropských zemích bylo v průběhu prvního týdne zaznamenáno 15 000 dalších úmrtí a v průběhu týdne druhého téměř 24 000. Nadbytečná úmrtnost dosáhla výjimečné hodnoty 96,5 % v průběhu druhého týdne ve Francii a velmi vysokých hodnot v Portugalsku (+48.9 %), Itálii (+45.4 %), Španělsku (+41.2 %) a Lucembursku (+40.8 %). Nadměrná úmrtnosti dosáhl 28,9 %, 26,7 % a 21,6 % v Německu, Švýcarsku a Belgii. I v Rakousku, úmrtnost vzrostla o 12,6 % v průběhu tohoto týdne. (Robine et al, 2008). Respektive podle této studie je úmrtnost vyšší než 10 % ve všech zemích, s výjimkou Dánska, Polska, a Česká republika. Úmrtnost zůstala vysoká všude jen asi do konce léta. Pouze v Německu, Itálii a Švýcarsku byl zaznamenán mírný počet zvýšených úmrtí i po skončení léta.

5.1 Západní Evropa

5.1.1 Velká Británie

Ve Velké Británii byl během prvních dvou srpnových týdnů zaznamenán nový teplotní rekord 38,5 °C (v Broagdale v Kentu). Na jihovýchodě Anglie dosáhly mezi 4. a 6. srpnem a 8. až 12. srpnem průměrné teploty 32 °C. V této oblasti průměrné teploty v tomto období normálně nepřesahují 21,2 °C (Johnson et al., 2005).

Britský národní statistický úřad (The UK Office for National Statistics) udává za období mezi 4. srpnem a 13. srpnem nárůst úmrtnosti až o 2045 případů, a to především v Anglii a Walesu ve srovnání s průměrnou hodnotou let 1998, 1999, 2000, 2001 a 2002. Nadbytek úmrtnosti v tomto roce 2003 byl mnohem vyšší než bylo pozorováno v předchozích vlnách veder ve Velké Británii.

V roce 2003 k vlně veder ve Spojeném království došlo poměrně pozdě v létě. Celková úmrtnost v červenci byla mírně nižší než se očekávalo. Teploty a úmrtnost se rapidně zvýšila až v polovině července, kdy úmrtnost byla vyšší než to, co by se běžně očekávalo v tomto ročním období.

V Londýně se odhadovalo, že v roce 2003 byla teplotní vlna spojena s 40 % nárůstem úmrtnosti (ve všech věkových kategoriích), v porovnání s nadbytkem ve výši 16 % v roce 1995 a 15 % v roce 1976. Nadměrné úmrtnosti v Anglii a Walesu v roce 1976 byla 10 %, ačkoliv teploty v průběhu roku 1976 byly srovnatelné velikosti, proto se předpokládá, že za zvýšenou úmrtnost v roce 2003 může postupně rostoucí stárnoucí populace v Anglii a Walesu (Johnson et al., 2005).

Stedman (2004) se ve své studii pokusil vypočítat průměrné zatížení obyvatel Velké Británie koncentrací přízemního ozonu a koncentrací částic PM₁₀ během prvních dvou týdnů v srpnu 2003. Koncentrace ozonu i PM₁₀ byla v porovnání s rokem 2002 mnohem vyšší. Ozon dosáhl hodnoty 103 $\mu\text{m}\cdot\text{m}^{-3}$ oproti roku 2002 kdy dosahoval hodnoty 58 $\mu\text{m}\cdot\text{m}^{-3}$. Koncentrace PM₁₀ dosáhla v roce 2003 hodnoty 29 $\mu\text{m}\cdot\text{m}^{-3}$ v porovnání s rokem 2002 kdy maximální udávaná hodnota činí 16 $\mu\text{m}\cdot\text{m}^{-3}$. Z tohoto a z počtu obyvatel odvozených ze sčítání lidu roku 1991 vystavených těmto koncentracím pak Stedman vypočítal, že ve Velké Británii bylo 423 až 769 nadbytečných úmrtí způsobených vysokou koncentrací ozonu a PM₁₀. Konkrétně 225 až 593 nadbytečných úmrtí způsobených ozonem a 207 úmrtí díky koncentracím PM₁₀.

Tab. 3: Počet úmrtí připadající na ozon a PM_{10} během prvních dvou týdnů srpna v roce 2003 a 2002 ve Velké Británii (Stedman, 2004)

	OZON			PM_{10}		
	2003	2002	Rozdíl	2003	2002	Rozdíl
Skotsko	83	64	20	23	20	4
Wales	67	43	24	22	9	13
Severní Irsko	28	21	7	7	6	2
Londýn	212	88	124	85	42	43
Zbytek Anglie	959	541	418	334	187	146
UK	1350	756	593	471	264	207
Anglie a Wales	1239	672	567	440	239	202

Vlna veder tedy měla významný vliv na úmrtnost v Anglii a Walesu, ale ne do té míry, jaká byla pozorována ve Francii, kde se extrémně vysoké teploty udržely mnohem déle (Kovats et al., 2004).

5.1.2 Nizozemí

V Nizozemsku je teplotní vlně v létě roku 2003 prisuzováno mezi 1400 a 2200 úmrtí. Maximální teploty byly nižší než v některých jiných evropských zemích a došlo k nim především v méně hustě obydlených oblastech, to může znamenat, že v Nizozemí byla vlna veder relativně méně dramatická. Mortalita způsobená teplotami zde byla nejvýraznější mezi seniory v domovech důchodců (Garssen et al., 2005). 1 400 nadbytečných úmrtí se vztahují jen k horkým teplotám, k nimž došlo v průběhu léta 2003 a dále je odhadovaný počet úmrtí připadající na ozon a zejména na koncentraci částic PM_{10} v letním období červen až srpen 2003. Výpočty Fisher et al. (2003) ukazují, že na toto znečištění ovzduší připadá přibližně 400 až 600 úmrtí, ke kterým mohlo dojít v porovnání s průměrným létem.

Od počátku 19. století bylo v Nizozemí zaznamenáno 33 mimořádně teplých období, která byly úředně označeny jako vlny veder Královským holandským meteorologickým institutem (Koninklijk Nederlands Meteorologisch Instituut), který pro tento účel definuje vlnu veder s ohledem na obecně mírné, přímořské klima v Nizozemsku, méně náročné než mají země na nižších zeměpisných šířkách. Za teplé období se tedy považuje vlna veder, pokud se sestává z nejméně pěti dnů s maximální teplotou 25 °C nebo vyšší, včetně nejméně tří tropických dnů s maximální teplotou 30 °C.

Vlna veder léta 2003 bohatě splnila tyto kritéria. Trvala od 31. července do 13. srpna, tedy celkem čtrnáct dnů, včetně sedmi tropických dnů, a těm předcházely čtyři tropické dny uprostřed července.

Nadprůměrná mortalita během horkého počasí byla nejmarkantnější u starších osob, ale neomezuje se pouze na ně. Pozorovaný počet úmrtí v srpnu 2003 mezi osobami ve věku 40 až 59 roky byl o 11 % vyšší než očekávaný počet vypočtený na základě údajů za období 1995 - 2002. Úmrtnost se nezvýšila v mladších věkových skupinách (Garssen et al., 2005).

Počty úmrtnosti v Nizozemsku byly méně dramatické než ve Francii, to může být proto, že menší část obyvatel byla vystavena extrémním teplotám, a ne tedy proto, že by v Nizozemsku poskytovali vynikající péči pro lidi s vysokým rizikem. Zatímco vlna veder ve Francii byla silně ovlivněna metropolitními oblastmi, k maximálním teplotám v Nizozemsku, které byly mnohem nižší než ve Francii, došlo v relativně méně hustě obydlených oblastech.

Maximální teplota v Nizozemsku byla zaregistrována na meteorologické stanici De Bilt 35°C, která je v blízkosti velkých měst na západě státu. Ve vzdáleném severozápadu Nizozemí nejvyšší hodnota pouze jednou překonala 30 stupňovou bariéru (30,2 °C v Den Helder). Jelikož západní pobřežní provincie jsou osídleny hustěji než východní vnitrozemské provincie, mohly mít nižší teploty v těchto provinciích značný vliv na snižování celkové úmrtnosti v Nizozemsku. Ve srovnání s průměrným počtem úmrtí v srpnu na období 1995 -2002 se počet úmrtí v srpnu roku 2003 zvýšil o 13 % ve všech východních provinciích dohromady (Groningen, Drenthe, Overijssel, Gelderland a Limburg). A v západních pobřežních provinciích (Noord-Holland, Zuid-Holland a Zeeland) se snížil o 2 % (Fisher et al., 2003).

5.1.3 Francie

Francie byla vlnou vedra 2003 nejvíce zasažena. Mezi 1. až 18. srpnem naměřilo více než 60 % meteorologických stanic rekordní teploty a u 15 % stanic se teploty rovnaly či byly vyšší než 40 °C (Institute de Veille Sanitaire, 2003). Průzkumy Hemond a Jougle (2003) uvádějí, že ve sledovaném období mezi 1. až 20. srpnem došlo k 15 000 případů nadbytečných úmrtí.

Od 1. do 5. srpna 2003 se průměrné maximální teploty zaznamenané ve Francii zvýšily z běžných hodnot (25 °C) až na 37 °C, a pak zůstaly mezi 36 °C a 37 °C až do 13. srpna. Mezi 13. a 16. srpnem pak teplota klesla na 28°C. Téměř všichni obyvatelé Francie, tj. 60 milionů lidí, byli vystaveni této vlně vedra. Teplota překročila 35 °C po dobu nejméně 9 dní v 61 z 96 francouzských departementů (Fouillet, 2006).

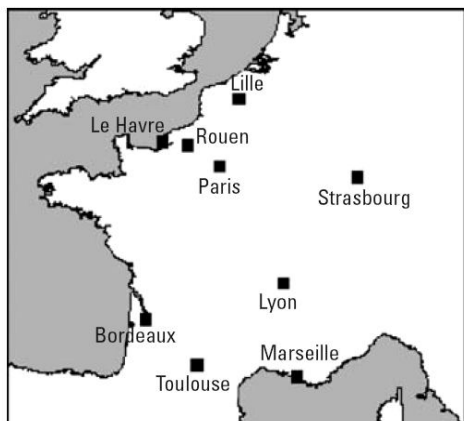
První významné nadměrné úmrtnosti byly pozorovány 3 dny poté, co teploty stouply ze sezónních běžných hodnot na hodnoty o dost vyšší. Během devíti po sobě jdoucích dní maximální teploty zůstaly o 11 °C až 12 °C vyšší než sezónní průměr. Denní nadměrné úmrtnosti se neustále zvyšovaly. Úmrtnost se vrátila k normálu 19. srpna, 4 dny po maximálních teplotách se teploty vrátily na hodnoty blízké sezónnímu průměru. Od 1. do 20. srpna došlo téměř k 15 000 nadbytečných úmrtí, tj. o 55 % více než byla očekávaná úmrtnost. (Fouillet, 2006).

Několik dní po začátku horka, informace ohlášené lékařskou pohotovostí, hasičemi a nemocniční pohotovostí, prokázaly náhlé zvýšení počtů mimořádných zásahů a zvýšení úmrtnosti obyvatel. Kromě toho vysoké teploty a stagnující atmosférické podmínky výrazně zvýšily úroveň ozonu, s pozorovanými koncentracemi v rozmezí od 130 do 200 $\mu\text{g}\cdot\text{m}^{-3}$ v téměř každém městě mezi 3. a 13. srpnem (Pirard et al., 2005). Nárůst počtu úmrtí následoval stejný model jako zvýšení teploty.

Studie Fouillet et al. (2006) zjistila, že od 35 let věku se nadbytečná mortalita postupně zvyšovala s věkem. Byla o 15 % vyšší u žen než u mužů srovnatelného věku (ve věku 45 let). Nadměrná úmrtnost byla vyšší doma a v domově důchodců než v nemocnicích. Úmrtnost ovdovělých a rozvedených osob byla větší než u lidí žijících v manželství.

Úmrtí přímo se týkajících tepla, úžeh, hypertermie a dehydratace masivně vzrostla. Kardiovaskulární onemocnění, špatně definované morbidní poruchy, onemocnění dýchacích cest a nervová onemocnění rovněž výrazně přispěly k nadměrné úmrtnosti. Geografické rozdíly v úmrtnosti ukázaly jasný vztah mezi věkem a počtem velmi horkých dní.

Během této periody byly ve Francii naměřeny stoupající hodnoty ozonu (EEA, 2003). Tímto se zabývá studie Filleul et al. (2006), která zkoumá vztah mezi teplotou, ozonem a úmrtností v 9 francouzských městech. V těchto 9 městech se maximální teploty pohybovaly v rozmezí od 36,6 °C v Le Havre až po 40,7 °C v Bordeaux. Osmihodinové průměrné koncentrace ozonu se pohybovaly v rozmezí 80 $\mu\text{g}\cdot\text{m}^{-3}$ v Lille po 123 $\mu\text{g}\cdot\text{m}^{-3}$ v Marseille (více viz. tabulka 5). Nálezy této studie dokazují, že pro období 3. až 17. srpna se riziko zvýšené úmrtnosti ve spojení s působením ozonu a teploty dohromady pohybuje od 10,6 % v Le Havre po 174,7 % v Paříži. Při porovnání relativního přispění ozonu a teploty k tomuto společnému zvýšenému riziku, je přispění ozonu rozmanité od města k městu. V součtu se pak jedná o 379 úmrtí připisovaných Filleulově zkoumaným jevům ve všech 9 městech.



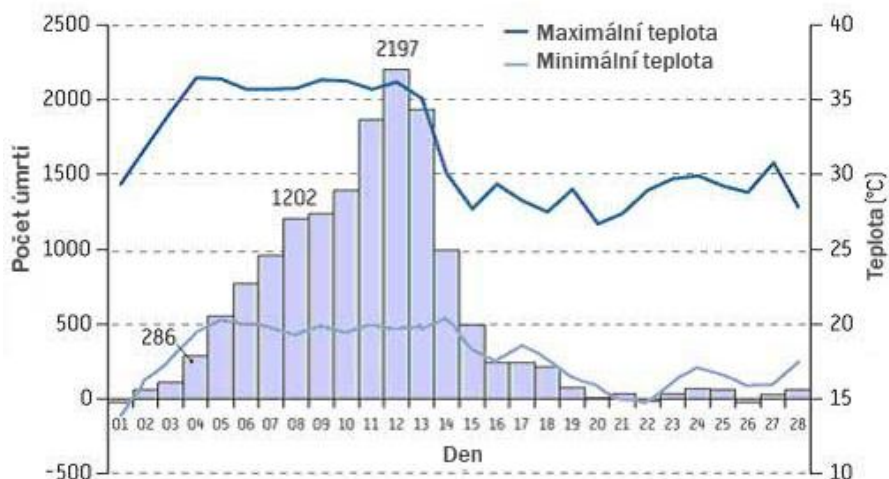
Obr. 3: Lokalizace devíti francouzských měst

Tab. 4: Tabulka shrnující data a výsledky měření v 9 francouzských městech (Filleul et al., 2006)

Město	Počet obyvatel	Denní úmrtnost	8-hodinová průměrná koncentrace O ₃	Maximální teplota	Minimální teplota
Bordeaux	584	14	92 µg.m ⁻³	40,7 °C	14,3 °C
Le Havre	254	6	82 µg.m ⁻³	36,3 °C	15,3 °C
Lille	1 091	22	80 µg.m ⁻³	36,6 °C	12,7 °C
Lyon	782	19	112 µg.m ⁻³	39,9 °C	17,3 °C
Marseille	856	24	123 µg.m ⁻³	37,6 °C	19,8 °C
Paris	6 164	137	93 µg.m ⁻³	39,3 °C	16,3 °C
Rouen	434	11	88 µg.m ⁻³	37,9 °C	12,8 °C
Strasbourg	451	10	119 µg.m ⁻³	38,4 °C	14,5 °C
Toulouse	690	13	114 µg.m ⁻³	40,4 °C	18,0 °C

Vlny veder spojené s nadměrné úmrtnosti nejsou ve Francii, v zemi mírného klimatu, vzácnou událostí. Vlny veder se zde vyskytly během let 1971 a 2003 celkem šestkrát (v letech 1975, 1976, 1983, 1990, 2001 a 2003). Intenzita a délka trvání v roce 2003 byla větší než kdykoliv předtím ve Francii. Kromě toho se vlna vedra 2003 vyvinula do krizové situace, která byla mnohem větší velikostí a měla výrazně vyšší profil než předchozích pět vln veder. (Grégoire, 2007).

Na základě těchto výsledků, francouzská vláda vytvořila v roce 2004 Heat Health Watch Warning System a zřídila preventivní akční plán pro každý region. (Pirard et al., 2005).



Obr. 4: Hodnota minimálních a maximálních denních teplot a počet nadbytečných úmrtí ve Francii v srpnu 2003 (Pirard et al., 2005)

5.2 Jižní Evropa

5.2.1 Portugalsko

Portugalsko představuje zemi, kde je poměrně vysoká úroveň expozice vlnami veder s velkými dopady na zdraví a úmrtnost lidí.

Mezi 29. červencem a 13. srpnem zažily všechny distrikty v Portugalsku nezvykle vysoké teploty. Alespoň 8 z 18 pevninských obvodů Portugalska měly denní maximální teploty nad 32 °C po celou tuto dobu. U čtyř distriktů nepobřežních se denní maximální teploty vyšplhaly až nad 35 °C a zůstaly tak po celou tuto dobu (Nogueira et al., 2005).

Letní vlna veder měla v kontinentálním Portugalsku dva hlavní odlišné dopady, a to na zvýšení úmrtnosti, stejně jako v dalších částech Evropy, a v jižní Evropě, hlavně v Portugalsku měla velký dopad na vznik rozsáhlých požárů. Je odhadnuto celkem 450 000 hektarů spálené plochy, včetně 280 000 hektarů lesa (Trigo et al., 2006).

Celkem 2 399 nadměrných úmrtí je odhadováno v kontinentálním Portugalsku, což znamená nárůst úmrtnosti o 58 % než bylo očekávané úmrtí. Pokud jsou tyto hodnoty rozděleny podle pohlaví, je zde vidět, že u žen byl nárůst výrazně vyšší (79 %) než u mužů, kde byl zaznamenán nárůst 41 %. Přírůstek úmrtnost na tuto vlnu veder byl zjištěn ve všech 18 distriktech země, ale jeho velikost byla výrazně vyšší ve vnitřních obvodech Portugalska, hlavně v blízkosti španělské hranice (Trigo et al., 2009).

Podle nejnovějších scénářů změn klimatu, vydaných v roce 2007 ve zprávě IPCC, Středomoří (včetně jižní Evropy, severní Afriky a Středního Východu) bude v následujících desetiletích sušší a náchylnější k vlnám veder. Ve skutečnosti Středozemní moře je oblast považována za problém týkající se změny klimatu, protože je to jeden z mála světových regionů, kde globální (a regionální) modely souhlasí s nárůstem extrémních jevů jako všeobecného sucha s vyšší pravděpodobností intenzivních srážky a epizod vln veder (Rigo et al., 2009).

5.2.2 Španělsko

Letní teploty ve Španělsku jsou obvykle vysoké. Průměrná denní teplota v období 1971 - 2000 v červnu, červenci a srpnu v 50 provinčních metropolích činila 21,8 °C. Průměrné maximální a minimální teploty za stejné období byly 28 °C a 15,7 °C (Instituto Nacional de Meteorología). Španělsko však zaznamenalo nárůst teploty v létě 2003, kdy průměrné denní teploty v období červen až srpen ve stejné skupině 50 měst byly o 12,9 % (2,7 °C) vyšší než pozorovaná průměrná období 1971 - 2000. Průměrné maximální a minimální teploty pro stejné období byly o 11,2 % (3 °C) a o 16,2 % (2,3 °C) vyšší ve srovnání se sérií 1971 – 2000 (Simón et al., 2005).

Národní ústav pro meteorologii (Instituto Nacional de Meteorología) teplotní vlně roku 2003 přisoudil ve Španělsku zvýšení úmrtnosti o 8 %, tedy 43 212 úmrtí v porovnání s 40 046 očekávaných úmrtí.

Podle studie Simón et al. (2005) však léto 2003 (od 1. června do 20. srpna) měřeno v 50 provinciích způsobilo navíc 6 595 až 8 648 úmrtí.

K úmrtnosti přispěl i atmosférický aerosol, který se ve velké míře v létě vyskytoval v důsledku požárů, které propukly v jižní Evropě, hlavně ve Španělsku a Portugalsku. Ve Španělsku měly rozlohu přes 35 000 hektarů (European Communities, 2004).

5.2.3 Itálie

V Itálii se v létě 2003 vyskytly nejvyšší teploty posledních desítek nebo i stovek let. Například v Turíně (který je na severu země, v blízkosti francouzské hranice) byla zaznamenána nejvyšší teplota od dob prvního měření (1752). V Miláně během první poloviny srpna teploty dosáhly téměř 40 °C, do té doby zde byl rekord starý 20 let 37 °C z roku 1983. V Římě byla zaznamenána vysoká teplota 40 °C už v červnu, která prolomila do té doby stávající rekord v červnu 37 °C z roku 1965 (Michelozzi et al., 2005).

Epidemiologická studie v Itálii (Conti et al., 2004) srovnávala úmrtnost roku 2003 s rokem 2002 v průběhu 1. června až 31. srpna. O jednotlivé záznamy o úmrtnosti byly požádány komunální úřady všech 21 hlavních měst italských regionů, které vedou důležité statistické údaje. Ve srovnání s rokem 2002 došlo tedy k celkovému nárůstu úmrtnosti o 3 134 případů (tedy z 20 564 v roce 2002 na 23 698 v roce 2003). Nejvyšší zaznamenaný nárůst byl, stejně jako v ostatních státech, u starší generace obyvatel. U osob starších 75 let se úmrtnost zvýšila o 92 % (2 876 úmrtí). Ovšem žádné významné rozdíly nebyly zjištěny mezi muži a ženami. Nejvyšší nárůst úmrtnosti byl pak pozorován v severozápadních městech, jako Turín (44,8 %), Trento (35,2 %), Miláno (30,6 %) a Janov (22,2 %), které se obvykle vyznačují chladnějším počasím a zde tedy byla nejvyšší pravděpodobnost zvýšení úmrtí i dle poznatků světové literatury. Dále je pozorované zvýšení úmrtnosti ve 2 městech na jihu (L'Aquila 24,7 % a Potenza 25,4 %), která se ale nachází ve vyšších polohách, konkrétně ve výšce 700 a 800 metrů nad mořem. Je důležité podotknout, že během druhé části srpna bylo zaznamenáno zvýšení úmrtnosti dokonce i v několika jižních městech, která mají počasí obvykle teplém jako je Bari či Campobasso.

V těchto městech je vysoce pravděpodobné, že jak již bylo pozorováno v jiných epidemiologických studiích na vlny veder, k zvýšení excesů došlo po delší expozici vysokým teplotám.

Tuto heterogenitu mezi italskými městy, kde nejvyšší byla úmrtnost na severozápadě, po něm následovala města na jihu a nejmenší nárůst úmrtnosti byl v centrální části země a na severovýchodě, potvrzuje i studie zabývající se dopadem vlny vedra ve čtyřech italských městech (Michelozzi et al., 2005) Boloňa, Miláno, Řím a Turín. Tyto rozdíly jsou způsobeny zejména různou úrovní expozice v průběhu léta 2003, ale mohou být také způsobeny různou zranitelností místních obyvatel v souvislosti s individuálními, sociálními a enviromentálními faktory.

Podobné vyhodnocení úmrtnosti vydal i Italský národní zdravotní ústav (Istituto Superiore di Sanità), který odhadl zvýšení úmrtnosti téměř o 4 000 (14 %), hlavně u starších obyvatel.

5.3 Střední Evropa

5.3.1 Švýcarsko

V celém Švýcarsku byly teploty nadprůměrné od května do září, s teplotami které nebyly zaznamenány od roku 1864, kdy začalo systematické měření meteorologických dat (Cerutti et al., 2005).

Odhaduje se, že během června až srpna 2003 došlo k 7 % nárůstu mortality. Nadměrná úmrtnost byla především omezena na regiony na severu od Alp, na obyvatele měst a příměstských oblastí a byla výraznější u starších lidí a obyvatel Basileje, Ženevy a Lausanne. Na sever od Alp odchylky v denní úmrtnosti významně korelovaly s odchylkami v maximálních denních a nočních teplotách. Kombinace denní teploty nad 35 °C a noční teploty nad 20 °C, ke které došlo převážně v Basileji a Ženevě, může částečně vysvětlit regionální rozdíly v nadměrné úmrtnosti (Grize et al., 2005).

Závislost úmrtnosti na geografickém rozložení potvrzuje i studie zabývající se kantonem Ticino, který leží na úplném jihu Švýcarska. Zde v roce 2003 nebylo významné zvýšení úmrtnosti oproti předchozím létům (proti roku 2002 nárůst o 2 %). Ukázal se malý nárůst v úmrtnosti u starších lidí. Pro lidi 65+ činil nárůst mortality 1 %, pro 75+ 4 %. Počet zásahů záchranné služby byl ale větší než v průběhu předchozích let (Cerittu et al., 2005).

Ve Švýcarsku se dále odhaduje, že 13 až 30 % nadbytečných úmrtí v létě roku 2003 mohlo být způsobeno zvýšenou koncentrací ozonu (Grize et al., 2005).

5.3.2 Německo

Pro Německo doposud vyšla jen studie, zabývající se oblastí Essenu, nikoli celé země. Dopad vysokých venkovních teplot na úmrtnost je dobře znám, ale ne všechna úmrtí během vlny veder mohou být připsána jen tomuto vlivu. Proto se studie Hertel et al. (2009) zabývá vlivem i dalších přídavných mechanismů (vedlejších efektů) jako jsou data o znečištění ovzduší (hlavně měření částic PM₁₀), o chřipkových epidemiích, o dlouhodobých i sezónních trendech. Pomocí metody časové regrese, která umožňuje zkoumat vztah mezi teplotou a úmrtností, současně upřesnila další parametry.

V Německu denní maxima přesahovaly 35 °C a v prvních 14 dnech v srpnu zde bylo registrováno neobvyklých 1 410 úmrtí jen v rámci Baden-Württemberg regionu (Sozialministerium Baden-Wuerttemberg).

Teplotní vlna v Essenu trvala od 6. do 12. srpna a byla charakteristická průměrnými maximálními denními teplotami 34 °C, vysokou koncentrací ozonu a částic PM₁₀ a nízkou vlhkostí. K nejvyšší úmrtnosti došlo 10. srpna 2003.

Po analýze všech dat se ukázalo, že časový úsek s vysokými teplotami zvyšuje úmrtnost z respiračních důvodů, zatímco u kardiovaskulárních případů nebyla souvislost rozpoznána.

Po skončení vlny veder se však v porovnání s předchozími roky ještě dlouho udržovaly vysoké koncentrace znečišťujících látek a nízká humidita. Výsledky studie přisoudily vlně vedra v Essenu (6. – 12. srpna) pouze 60 nadbytečných úmrtí a dalších 55 úmrtí v následujících 12 dnech (Hertel et al., 2009).

Tab. 5: Srovnání hodnot teploty, vlhkosti, ozonu a PM_{10} v Essenu v roce 2003 a v roce předchozím (Hertel et al., 2003)

	6. – 12. srpen 2003	6. – 12. srpen 2002
Maximální teplota (°C)	34	22
Průměrná teplota (°C)	27	17
Minimální teplota (°C)	20	14
Vlhkost (%)	53	78
Ozon ($\mu\text{g}\cdot\text{m}^{-3}$)	105	41
PM_{10} ($\mu\text{g}\cdot\text{m}^{-3}$)	68	34

5.3.3 Česká republika

Zatímco většina tepelných vln v průběhu od roku 1986 byla spojována s významným nárůstem mortality, tato vlna tímto příkladem není. Relativně slabá odezva mortality byla obzvláště pozoruhodná pro velmi těžkou teplotní vlnu, která se objevila v prvních 10 srpnových dnech a vyústila v enormní nárůst mortality v některých evropských zemích. V souladu s dlouhodobými teplotními měřeními v pražském Klementinu bylo období srpna 2003 nejteplejším v historii po dobu měření od roku 1775, s anomálií +3,25 °C. Nejvyšší teplota byla 13. srpna 36,8 °C. Byl překonán předchozí rekord z roku 1834 o 0,4 °C. (Kyselý, 2002). Další dvě horká léta z nedávné minulosti byla v letech 1992 (teplotní anomálie +2,46 °C) a 1994 (+ 2,37 °C).

V České republice je teplotní vlna dle Kyselý, Kříž (2008) rozdělena na 4 části. První část nastala začátkem léta (3. až 13. června) a je spojena s nárůstem úmrtnosti o 2 %. Po chladnější polovině července pak byla zaznamenána druhá vlna během 19. až 22. července, provázena nárůstem úmrtnosti o 11 %. Nejtěžší vlna vedra nastala od 1. do 10. srpna ale dopad na úmrtnost v ČR byl velmi slabý, nárůst úmrtí o 2,6 %. Poslední vlna 12. až 14. srpna vykazuje dokonce pokles úmrtnosti. V součtu za všechny 4 vlny veder v létě 2003 se

doatneme k číslu úmrtí 236, což se rovná nárůst v úmrtnosti o 2,9 %. U starších lidí byl dopad jen o trochu vyšší (o 3,7 %) a více viditelný byl u žen (5 %) než u mužů (0,9 %).

Efekt posunu úmrtnosti a krátkodobá aklimatizace na vedro přispěly k faktu, že další vlny veder po předchozí relativně teplé periodě jsou spojovány pouze s mírným nárůstem úmrtnosti či dokonce s poklesem úmrtnosti. Neúměrnost úmrtnosti v různých místech a krátkodobá adaptace na teplo přispěly k redukci dopadů mortality na teplotní vlny následované relativně teplým obdobím. Zároveň je snížení odezvy přisuzováno pozitivnímu přístupu ke zdraví a dalším socio-ekonomickým změnám v postkomunistických zemích střední Evropy za poslední desetiletí (1990 – 2000), stejně jako obecně lepší povědomí obyvatel o rizicích spojených s teplotními výkyvy, předávané prostřednictvím předpovědi počasí. (Kyselý, Kříž; 2008).

V České republice se dále problematikou znečištění ovzduší a jeho dopady ve vyjímečném roce 2003 zabývaly dvě studie z Přírodovědecké fakulty UK: Ochrany životního prostředí, jmenovitě práce J. Vyškovské a J. Řezáčové.

Podle několika studií pro západní Evropu nadbytečná úmrtí v průběhu léta roku 2003 by mohla částečně připadat na ozon a další látky znečišťující ovzduší (Grize et al., 2005; Filleul et al., 2006). Jelikož v České republice většina obyvatel žije v menších městech a ve venkovských oblastech (Český statistický úřad, 2007), účinky znečištění ovzduší hrajou v teplotní vlně 2003 malou roli. Nicméně významné mohou být ve velkých městech, především v Praze.

6. Závěr

V průběhu srpna 2003 se hlavně země západní Evropy staly svědkem 15-denní dlouhotrvající vlny veder s rekordními teplotami a neobvykle dlouho přetrvávající vysokou koncentrací ozonu. Ve Francii došlo přibližně k 15 000 úmrtí během tohoto období.

Období červen až srpen 2003 bylo nejteplejší léto v Evropě od 16. století (Luterbacher, 2004). Rozsáhlé zvýšení úmrtnosti bylo zaznamenáno v západní, jižní i částečně střední Evropě, zvláště pak ve Francii, Španělsku, Itálii, Velké Británii, Portugalsku, Švýcarsku a Německu.

S překonáním 50 000 úmrtí byla zařazena tato vlna 2003 mezi deset největších přírodních katastrof Evropy za posledních 100 let a nejhorší za posledních 50 let (Kyselý, Kříž; 2008).

Tato teplotní vlna překonala všechny rekordy. Region, který vykázal největší tepelné anomálie během června až srpna 2003, byl v jihovýchodní Francii a rozšiřoval se ze severního Španělska do České republiky a z Německa do Itálie (Beniston, Diaz; 2004).

Nejvyšší úmrtnost z roku 2003 byla zaznamenána v srpnu. Úmrtnostní krize srpna se protáhla přes dva týdny mezi 3. a 16. srpnem. Ve výše uvedených zemích se jednalo o 15 000 nadbytečných úmrtí v průběhu prvního srpnového týdnu a téměř 24 000 bylo zaznamenáno v průběhu týdnu druhého.

Nejvíce postiženou zemí byla Francie (15 000; nárůst o 54 % oproti normálu), za ní následovaly země Itálie (3 100), Německo (7 000; 11 %), Španělsko (6 460; 15 %), Velká Británie (resp. Anglie a Wales) (2 000; 4,9 %), Portugalsko (2 400). V méně obydlených zemích jsou sice čísla nižší, ale nadbytečná úmrtí zde mohou být relativně významná, jako příklad bych uvedla Nizozemí (1 400; 5,2 %), Švýcarsko (1 000, 7 %). V České republice pak nadbytečná úmrtnost klesla pod 1 % v průběhu srpna 2003.

Úmrtnost zůstala vysoká všude až do konce léta. Pouze v Německu, Itálii a Švýcarsku byl zaznamenán mírný nárůst i po létu.

Mnoho z těchto případů úmrtí z teplotních vln je spojeno s kardiovaskulárními a jinými chronickými nemocemi a týká se především starších obyvatel. Dopad teplotních vln na úmrtnost se jeví vyšší v urbanizovaných oblastech vlivem efektu městského tepelného ostrova. Některé studie tvrdí, že tento efekt může být způsobem interakcí mezi teplotou a znečištěním vzduchu (Simon et al., 2005).

Většinu nadbytečných úmrtí zapříčinily velmi vysoké teploty, a proto téměř veškeré studie týkající se léta 2003 a dopadu na úmrtnost ve jednotlivých evropských zemích se zabývají pouze vlivem vysoké teploty, přesto ale nesmíme opomenout, že určitou měrou přispělo ke zvýšené úmrtnosti také znečištění ovzduší, především koncentrace ozonu a suspendovaných částic PM_{10} .

Jelikož teploty zaznamenané během léta roku 2003 byly velmi vysoké, jejich následkem se vyvinuly abnormální koncentrace přízemního ozonu.

Ukázalo se, že koncentrace ozonu v roce 2003 sice byly velmi vysoké, nicméně ani nejvyšší koncentrace nejsou tak vysoké, jako byly pozorovány v pozdních osmdesátých letech a raných devadesátých letech 20. století, neboť se drasticky snížily prekurzory emisí.

Nadprůměrné koncentrace ozonu nebyly tedy ani tak významné z hlediska nejvyšších hodnot, ale především délkou trvání své fotochemické epizody.

Tepější a sušší klima zvyšuje pravděpodobnost výskytu ničivých požárů, čehož se stala svědkem v létě 2003 jižní Evropa. Tyto požáry výrazně zvýšily zátěž suspendovanými částicemi.

Vlivem znečištění ovzduší ozonem v souvislosti s úmrtností v létě 2003 se zabývalo jen několik samostatných studií. Je to studie Filleul et al. (2006) týkající se Francie, studie Stedman et al. (2004, 2006) zkoumající znečištění ovzduší a úmrtnost během vlny veder ve Velké Británii a studie Fisher et al. (2003) zabývající se znečištěním ovzduší versus úmrtností v létě 2003 v Nizozemí.

Z těchto zmíněných studií jasně vyplynulo, že koncentrace ozonu a suspendovaných částic byly tento rok 2003 mnohem vyšší než v letech předchozích. Ve Velké Británii je znečištění ozonem a PM₁₀ přisouzeno 423 až 769 nadbytečných úmrtí, v Nizozemí 400 až 600 úmrtí navíc a ve Francii, kde je vliv ozonu zkoumán postupně v 9 francouzských městech, se jedná o 379 úmrtí.

Léto 2003 poskytuje zajímavou případovou studii pro předvídání dopadů letních klimatických změn v Evropě. Několik studií ukazuje, že toto léto sdílí charakteristiky klimatu se simulovanými regionálními a globálními modely klimatu pro konec 21. století.

7. Použitá literatura

Beniston, M., Diaz, F. H., 2004: The 2003 heat wave as an example of summers in a greenhouse climate? Observations and climate model simulations for Basel, Switzerland. *Global and Planetary Change*, 44: pp. 73–81.

Brücker, G., 2005: Vulnerable populations: lessons learnt from the summer 2003 heat waves in Europe. *Euro Surveill*, 10, 7: pp. 150-154.

Braniš, M., Hůnová, I., et al., 2009: Atmosféra a klima, Aktuální otázky ochrany ovzduší, Karolinum, 2009, pp. 121.

Cerutti, B., Tereanu, C., Domenighetti, G., Cantoni, E., Gaia, M., 2005: Temperature related mortality and ambulance service interventions during the heat waves of 2003 in Ticino (Switzerland). *Social and Preventive Medicine*, 51: pp. 185–193.

Conti, S., Masocco, M., Meli, P., Minelli, G., Palummeri, E., et al., 2006: General and specific mortality among the elderly during the 2003 heat wave in Genoa (Italy). *Environmental Research*, 103: pp. 267–274.

Conti, S., Meli, P., Solimini, R., Toccaceli, V., Vichi, M., Beltrano, C., Perini, L., 2005: Epidemiologic study of mortality during the Summer 2003 heat wave in Italy. *Environmental Research*, 98: pp. 390–399.

EEA, 2003: Air pollution by Ozone in Europe in Summer 2003: Overview of Exceedances of EC Ozone Threshold Values during the Summer Season April-August 2003 and Comparisons with Previous Year.

EEA, 2006: Air pollution at street level in European cities, Copenhagen 2006, 48 pp.

European Communities, 2004: Forest Fires in Europe: 2003 fire campaign.

Filleul, L., Cassadou, S., Médina, S., Fabres, P., Lefranc, A., Eilstein, D., 2006: The Relation Between Temperature, Ozone, and Mortality in Nine French Cities During the Heat Wave of 2003. *Environmental Health Perspectives*, 114, 6: pp. 1344-1347.

Fischer, P.H., Brunekreef, B., Lebet, E., 2003: Air pollution related deaths during the 2003 heat wave in the Netherlands. *Atmospheric Environment*, 38: pp. 1083–1085.

Fouillet, A., Rey, G., Laurent, F., Pavillon, G., Bellec, S., Guihenneuc-Jouyaux, C., Clavel, J., Jougl, E., Hémon, D., 2006: Excess mortality related to the August 2003 heat wave in France. *International Archives of Occupational and Environmental Health*, 80: pp. 16–24.

Garssen, J., Harmsen, C., De Beer, J., 2005: The effect of the summer 2003 heat wave on mortality in the Netherlands. *Euro Surveill*, 10, 7: pp. 165-167.

Grize, L., Huss, A., Thommen, O., Schindler, C., Braun-Fahrlander, C., 2006: Heat wave 2003 and mortality in Switzerland. *Swiss Medical Weekly*, 135, 13–14: pp. 200–205.

Hémon, D., Jouglu, E., 2004: The heat wave in France in August 2003. *Revue Epidemiology Sante Public*, 52: pp. 3-5.

Hertel, S., Le Tertre, A., Karl-Heinz Jockel, K.H., Hoffmann, B., 2009: Quantification of the heat wave effect on cause-specific mortality in Essen, Germany. *European Journal of Epidemiology*, 24: pp. 407–414.

Johnson, H., Kovats, S., McGregor, G., et al, 2005: The impact of the 2003 heat wave on daily mortality in England and Wales and the use of rapid weekly mortality estimates. *Euro Surveill*, 10, 7: pp. 168-171.

Kalkstein, L. S., Valimont, K.M., 1987. Climate effects on human health. In *Potential effects of future climate changes on forests and vegetation, agriculture, water resources, and human health*. EPA Science and Advisory Committee Monograph, 122, 52, U.S. Environmental Protection Agency.

Kazmarová, H., 2004: Zdravotní důsledky a rizika znečištění ovzduší, Odborná zpráva za rok 2003. Státní zdravotní ústav, Praha, 114 p.

Kosatsky, T., 2005: The 2003 European heat waves. *Euro Surveill*, 10, 7: pp. 148-149.

Kovats, S., Wolf, T., Menne, B., 2004: Heatwave od August 2003 in Europe: provisional estimates of the impact on mortality. *Euro Surveill Weekly*, 8: pp. 1-3.

Kovats, R., Ebi, K., 2006: Heatwaves and public health in Europe. *European Journal of Public Health*, 16, 6: pp. 592–599.

Květoň, V., 2001: Normály teploty vzduchu na území české republiky v období 1961-1990 a vybrané teplotní charakteristiky období 1961-2000. Praha: ČHMÚ, Národní klimatický program ČR, 30: 197 p.

Kyselý, J., 2002: Temporal fluctuations in heat waves at Prague Klementinum, The Czech Republic, from 1901-1997, and their relationships to atmospheric circulation. *International Journal of Climatology*. 22: pp.33-50.

Kyselý, J., Kříž, B., 2008: Decreased impacts of the 2003 heat waves on mortality in the Czech Republic: an improved response?. *International Journal of Biometeorology*, 52: pp. 733–745.

Luterbacher J, Dietrich D, Xoplaki E, Grosjean M, Wanner H, 2004: European seasonal and annual temperature variability, trends, and extremes since 1500. *Science*, 303: pp. 1499-1503.

Michelozzi, P., de Donato, F., Bisanti, L., A., Cadum, E., DeMaria, M., D'Ovidio, Costa, G., Perucci, C.A., 2005: The impact of the summer 2003 heat waves on mortality in four Italian cities. *Euro Surveill*, 10, 7: pp. 161-165.

Munich, Re., 2004: Topics Geo 2003. Münchener Rückversicherungs-Gesellschaft, Munich.

Navarro, F.M., Simon.Soria, F., Lopez-Abente, G., 2004: Evaluation of the impact of the heat wave in the summer of 2003 on mortality. *Gaceta Sanitaria*, 18: pp. 250-258.

Nogueira, P.J., Falcao, J.M., Contreiras, M., et al, 2005: Mortality in Portugal associated with the heat wave of August 2003: early estimation of effect, using a rapid method. *Euro Surveill*, 10, 7: pp. 150-153.

Pavlik J., Němec, L., Tolasz, R., Valter, J., 2003: Mimořádné léto roku 2003 v České republice, *Meteorologické zprávy*, 53, 6: pp.161-165.

Pellegrini, E., Lorenzini, G., Nali, C., 2007: The 2003 European Heat Wave: Which Role for Ozone? Some Data from Tuscany, Central Italy. *Water Air and Soil Pollution*, 181: pp. 401–408.

Pirard, P., Vandentorren, S., Pascal, M., Laaidi, K., Le Tertre, A., Cassadou, S., Ledrans, M., 2005: Summary of the mortality impact assessment of the 2003 heat wave in France. *Euro Surveill*, 10, 7: pp. 153-156.

Rey, G., Jougl, E., Fouillet, A., Pavillon, G., Bessemoulin, P., Frayssinet, P., Clavel, J., Hémon, D., 2007: The impact of major heat waves on all-cause and cause specific mortality in France from 1971 to 2003. *International Archives of Occupational and Environmental Health*, 80: pp. 615–626.

Robine, J.M., Cheung, S.L.K., Le Roy, S., Van Oyen, H., Griffiths, C., Michel, J.P., Herrmann, F.R., 2008: Death toll exceeded 70,000 in Europe during the summer of 2003. *Comptes Rendus Biologies*, 331: pp. 171–178.

Řezáčová, J., 2010: Vliv přízemního ozonu na kardiovaskulární a respirační onemocnění lidí žijících v Praze, v letech 2002 – 2006. Diplomová práce PŘF UK, Praha.

Schönwiesse, C.D., Staeger, T., Tromel, S., 2004: The hot summer 2003 in Germany. *Meteorologische Zeitschrift*, 13, 4: pp. 323-327.

Sicard, P., Mangin, A., Hebel, P., Malléa, P., 2010: Detection and estimation trends linked to air quality and mortality on French Riviera over the 1990–2005 period. *Science of the Total Environment*, 408: pp. 1943–1950.

Simon, F., Lopez-Abente, G., Ballester, E., Martinez, F., 2005: Mortality in Spain during the heat waves of summer 2003. *Euro Surveill*, 10, 7: pp. 156-160.

Stedman, R. J., 2004: The predicted number of air pollution related deaths in the UK during the August 2003 heatwave. *Atmospheric Environment*, 38: pp. 1087–1090.

Stedman, R.J., Kent, A.J., 2007: An analysis of the spatial patterns of human health related surface ozone metrics across the UK in 1995, 2003 and 2005. *Atmospheric Environment*, 42: pp. 1702–1716.

Trigo, R.M., Ramos, A., Nogueira, P., Santos, F., Garcia-Herrera, R., e, Gouveia, C., Santo, F., 2009: Evaluating the impact of extreme temperature based indices in the 2003 heatwave excessive mortality in Portugal. *Environmental science & policy*, 12: pp. 844-854.

Trigo, R.M., Pereira, J.M.C., Pereira, M.G., Mota, B., Calado, M.T., DaCamara, C.C., Santo, F.E., 2006: The exceptional fire season of summer 2003 in Portugal. *International Journal of Climatology*, 26: pp. 1741–1757.

UNEP, 2004: Impact of summer 2003 heat wave in Europe. United Nations Environment Programme, Nairobi.

Vautard, R., Beekmann, M., Desplat, J., Hodzic, A., Morel, S., 2007: Air quality in Europe during the summer of 2003 as a prototype of air quality in a warmer climate. *Comptes Rendus Geoscience*, 339: pp. 747–763.

Vautard, R., Honoré, C., Beekmann, M., Rouil, L., 2004: Simulation of ozone during the August 2003 heat wave and emission control scenarios. *Atmospheric Environment*, 39: pp. 2957–2967.

Vyškovská, J., 2009: Vliv četnostní koncentrace aerosolu na kardiovaskulární a respirační onemocnění v Praze. Diplomová práce PŘF UK, Praha.

WHO, 2003: Climate change and human health, risks and responses. World Health Organization, Geneva.

WHO, 2004: Health aspects of air pollution. World Health Organization report, Denmark.

WHO, 2005: Health and climate change: the now and how. Apolicy action guide, World Health Organization report, Copenhagen, Denmark.

http://www.zbynekmlcoch.cz/info/zdravotnicke/pocasi_biozatez_a_jejich_vliv_na_nase_zdravi_jak_ovlivnuje_pocasi_nas_zdravotni_stav_.html (staženo 20. 3. 2010)

SZÚ: Suspendované částice (aerosol)

http://www.szu.cz/uploads/documents/chzp/ovzdusi/dokumenty_zdravi/susp_castice.pdf (staženo 25. 3. 2010)

SZÚ: Nejčastější otázky ohledně ozonu ve venkovním ovzduší

http://www.szu.cz/uploads/documents/chzp/ovzdusi/dokumenty_zdravi/ozon.pdf (staženo 25. 3. 2010)