

**Česká zemědělská univerzita v Praze**

**Fakulta agrobiologie, potravinových a přírodních zdrojů**

**Katedra botaniky a fyziologie rostlin**



**Vliv silničního provozu na fyziologickou vitalitu městské zeleně**

**Bakalářská práce**

**Autor práce: Lucie Minářová**

**Vedoucí práce: Ing. František Hnilička, Ph.D.**

**© 2014 ČZU v Praze**

### **Čestné prohlášení**

Prohlašuji, že svou bakalářskou práci "Vliv silničního provozu na fyziologickou vitalitu městské zeleně" jsem vypracovala samostatně pod vedením vedoucího bakalářské práce a s použitím odborné literatury a dalších informačních zdrojů, které jsou citovány v práci a uvedeny v seznamu literatury na konci práce. Jako autorka uvedené bakalářské práce dále prohlašuji, že jsem v souvislosti s jejím vytvořením neporušila autorská práva třetích osob.

V Praze dne

---

### **Poděkování**

Ráda bych touto cestou poděkovala vedoucímu bakalářské práce Ing. Františku Hniličkovi, Ph.D. za odborné vedení, trpělivost a věnovaný čas při vypracování bakalářské práce. Dále bych ráda poděkovala Bc. Janu Vopičkovi za asistenci při inventarizaci zkoumaného území a v neposlední řadě bych chtěla poděkovat mé rodině za podporu.

# Vliv silničního provozu na fyziologickou vitalitu městské zeleně

## Souhrn

Na zeleň, obzvláště ve městech, působí mnoho stresových faktorů, které ohrožují její integritu a vyvolávají stres. V případě dlouhodobého působení stresoru může dojít až k úhynu rostliny. Citlivost ke stresorům je u každé rostliny různá, jelikož rostliny vykazují odlišnou míru adaptace. Stresové faktory mohou být jak biotického, tak abiotického původu.

Nejčastěji vyskytujícím se stresovým faktorem v městském prostředí je silniční provoz, který se řadí do abiotických faktorů. Silniční doprava svým působením ovlivňuje ve svém okolí chemické složení nejen vzduchu, ale i půdy a vody.

Mezi nejčastější negativní důsledky silničního provozu, které působí na vegetaci, patří zasolení půd, které vzniká v zimě při používání posypových solí na odstranění námrazy z vozovky. Dále k negativním faktorům ovlivňujícím vitalitu rostlin patří zvýšená koncentrace přízemního ozonu, jež vzniká jako důsledek nadměrné produkce výfukových plynů. A v neposlední řadě se ke vlivům zhoršujícím životní prostředí řadí i nedostatek vody, který je důsledkem požadavku na odvodnění konstrukcí pozemní komunikace a jejího přilehlého okolí, jakožto jednoho z funkčních požadavků na její výstavbu.

Negativní vliv silničního provozu na vegetaci, byl sledován na vybraném úseku plzeňské dálnice. Zájmové území se nachází v Praze městské části Stodůlky u Rozvadovské spojky. Jedná se o území od 50°3'14.769"N, 14°18'58.457"E do 50°3'12.823"N, 14°18'36.157"E v GPS souřadnicích. Úsek má rozlohu cca 17 000 m<sup>2</sup>. Na zkoumaném území bylo provedeno dendrometrické měření, stanovení fyziologické vitality v rámci inventarizace dřevin rostoucích na zájmovém území. Na zájmovém území bylo zjištěno 42 jedinců dřevin. Z inventarizace vyplývá, že byly zastoupeny následující rody a druhy dřevin: bříza bělokorá (*Betula pendula*), borovice lesní (*Pinus sylvestris*), hloh obecný (*Crataegus laevigata*), jabloň (*Malus* sp.), javor mlč (*Acer platanoides*), ořešák královský (*Juglans regia*), růže (*Rosa* sp.), slivoň (*Prunus* sp.), slivoň domácí (*Prunus domestica*), slivoň mirabelka (*Prunus domestica syriaca*), svída bílá (*Cornus alba*), štědřenec odvislý (*Laburnum anagyroides*), trnovník akát (*Robinia pseudoacacia*), vrba (*Salix* sp.) a vrba bílá (*Salix alba*).

Zeleň, která se vyskytuje podél komunikace, vykazuje převážně zřetelně narušenou fyziologickou vitalitu. Projevuje se značnou stagnací růstu a prosycháním periferních větví v koruně. U všech jedinců ořešáku královského (*Juglans regia*) jsou patrné náznaky poškození houbovou chorobou antraknóza ořešáku (*Gnomony leptostyla*).

Fyziologická vitalita byla nejnižší u druhu *Laburnum anagyroides* a naopak nejvyšší u druhu *Salix* sp. Z dendrometrického měření vyplývá, že nejnižší výška dřevin byla 1,5 m (*Prunus domestica*) a naopak nejvyšší 9 m (*Betula pendula*, *Robinia pseudoacacia*), přičemž průměrná výška dřevin činila 4,8 m.

Na základě získaných výsledků je možné konstatovat, že na zájmovém území je většina vysazených dřevin nevhodná pro výsadbu podél silničních komunikací. Jedná se především o tyto rody a druhy rostlin: *Acer platanoides*, *Betula pendula*, *Cornus alba*, *Crataegus laevigata*, *Juglans regia*, *Laburnum anagyroides*, *Malus* sp., *Pinus sylvestris*, *Prunus domestica syriaca*, *Prunus* sp., *Robinia pseudoacacia*, *Rosa* sp. a *Salix alba*. Naopak vhodně vysazenými dřevinami jsou *Prunus domestica* a *Salix* sp.

V současnosti nejsou přesně stanoveny metody jak následky negativního působení odstranit, místo toho se využívá především uplatnění vhodných opatření už při výsadbě nové zeleně, případně při její obnově. Vhodným opatřením na zkoumaném území by při obnově bylo obnovení porostu výsadbou vhodnějších dřevin a pravidelné zavlažování porostu.

**Klíčová slova:** městská zeleň, vitalita, silniční provoz, exhalace, zasolení

# The impact of road traffic on the physiological vitality of urban greenery

## Summary

Especially in cities, there are many stressors that affect the greenery, threaten its integrity and cause stress. Long-term effects of a stressor may result in a plant's death. Sensitivity to stressors is different from one plant to another, since plants exhibit different degrees of adaptation. Stress factors can be from both biotic and abiotic origin.

Road traffic is the most frequently occurring stressor in urban areas, that belongs to abiotic factors. The effects of road traffic influence its environment. Not only the chemical composition of air but also the composition of soil and water can be changed.

The most common negative effects of road traffic on urban greenery include salinization of soils which occurs in winter when salt is put on roads to prevent rime. The high concentration of tropospheric ozone is another negative factor affecting the vitality of plants, which arises as a result of excessive production of exhaust gases. Last but not least, water shortages also represent one of the factors that deteriorate the environment and influence plants. Drainage structures required by road construction standards induce water shortages along the road and its surroundings.

The negative impact of traffic on the urban greenery was observed on a selected section of the Pilsen highway. The studied area is located in the city of Prague Stodůlky at Rozvadovská spojka. This is an area from 50°3'14.769"N & 14°18'58.457"E to 50°3'12.823"N & 14°18'36.157"E GPS coordinates. The section has an area of about 17,000 square meters. In the region under study, dendrometric measurements have been carried out, besides the physiological vitality of plants was determined using the Inventory of trees. In the studied area 42 individuals of trees were found. The inventory lists the following genera and species: Silver birch (*Betula pendula*), Scots pine (*Pinus sylvestris*), Midland Hawthorn (*Crataegus laevigata*), Apple (*Malus sp.*), Norway maple (*Acer platanoides*), English walnut (*Juglans regia*), Rose (*Rosa sp.*), Plum (*Prunus sp.*), Plum (*Prunus domestica*), Mirabelle plum (*Prunus domestica syriaca*), Siberian dogwood (*Cornus alba*), Common Laburnum (*Laburnum anagyroides*), Black locust (*Robinia pseudoacacia*), Willow (*Salix sp.*) and White Willow (*Salix alba*).

Greenery occurs along the road was classified as predominantly clearly disturbed, which is manifested by a considerable stagnant growth and drying up of peripheral branches in the crown. For all individuals of English walnut (*Juglans regia*), there are visible signs of damage by the fungal disease walnut anthracnose (*Gnomonyia leptostyla*).

Physiological vitality is the lowest for the species *Laburnum anagyroides*, while the highest for the species *Salix sp.* The dendrometry indicates that the lowest tree height is 1.5 m (*Prunus domestica*), while the highest is 9 m (*Betula pendula*, *Robinia pseudoacacia*). On average, the tree height is 4.8 m.

Based on the obtained results it can be concluded that the actually observed trees along the highway are unsuitable for that kind of area. These are mainly of the following genera and species: *Acer platanoides*, *Betula pendula*, *Cornus alba*, *Crataegus laevigata*, *Juglans regia*, *Laburnum anagyroides*, *Malus sp.*, *Pinus sylvestris*, *Prunus domestica syriaca*, *Prunus sp.*, *Robinia pseudoacacia*, *Rosa sp.* and *Salix alba*. In contrast, species such as *Prunus domestica* and *Salix sp.* seem to be rather properly chosen.

Currently, there is not any accurately defined method of how to remove the negative effects on urban greenery. Instead there is an emphasis on using the appropriate measures beforehand while choosing the new vegetation, or during its renewal. An appropriate measure for the region under study seems to be the restoration using more suitable tree species and regular catering.

**Keywords:** urban greenery, vitality, road traffic, exhaust gases, salinization

# Obsah

<b>1 Úvod</b> .....	<b>3</b>
<b>2 Cíle</b> .....	<b>4</b>
<b>3 Hypotézy</b> .....	<b>5</b>
<b>4 Literární přehled</b> .....	<b>6</b>
<b>4.1 Uplatnění dřevin v městské zeleni</b> .....	<b>6</b>
4.1.1 Vlivy městské zeleně na své okolí.....	7
4.1.1.1 Vliv na tepelný a světelný režim okolí.....	7
4.1.1.2 Vliv na chemické složení vzduchu .....	9
4.1.1.3 Vliv na snižování prašnosti .....	9
4.1.1.4 Vliv na vzdušné proudění .....	10
4.1.1.5 Vliv na snižování hlučnosti .....	10
4.1.1.6 Vliv na hygienickou jakost vzduchu.....	11
4.1.2 Funkce zeleně ve městech.....	11
4.1.2.1 Funkce mikroklimatická .....	11
4.1.2.2 Funkce hygienická a psychohygienická .....	11
4.1.2.3 Funkce estetická.....	12
4.1.2.4 Funkce architektonická .....	13
4.1.3 Vegetační doprovody silnic .....	13
4.1.3.1 Projekční příprava pro tvorbu vegetačních doprovodů silnic .....	16
4.1.3.2 Historický vývoj vegetačních doprovodů komunikací na území České republiky	17
<b>4.2 Výběr dřevin vhodných pro městskou zeleň a doprovod komunikace</b> .....	<b>18</b>
4.2.1 Výběr dřevin vhodných pro veřejná prostranství.....	18
4.2.1.1 Sortiment dřevin pro náměstí.....	18
4.2.1.2 Sortiment dřevin v ulicích .....	20
4.2.1.3 Sortiment vysazovaných dřevin na veřejné prostranství v historii .....	21
4.2.2 Výběr dřevin vhodných pro doprovody komunikací .....	22
<b>4.3 Stresy a stresory rostliny</b> .....	<b>23</b>
<b>4.4 Antropogenní stresory a jejich vliv na rostliny</b> .....	<b>25</b>
4.4.1 Zasolení.....	25
4.4.1.1 Zasolení půd .....	25
4.4.1.2 Odolnost rostlin vůči zasolení .....	27
4.4.1.3 Posypová sůl.....	28
4.4.2 Sucho .....	29
4.4.2.1 Přístupnost vody pro rostliny z půdy .....	30



4.4.2.2	Odolnost rostlin vůči suchu.....	30
4.4.3	Ozon.....	31
4.4.3.1	Odolnost rostlin vůči ozonu .....	32
4.4.3.2	Ozon v rostlině .....	32
4.4.3.3	Symptomy poškození ozonem .....	33
<b>4.5</b>	<b>Legislativní opatření v péči o zeleň a životní prostředí .....</b>	<b>36</b>
<b>5</b>	<b>Metodika .....</b>	<b>38</b>
<b>5.1</b>	<b>Popis zájmového území.....</b>	<b>38</b>
<b>5.2</b>	<b>Půdně klimatické charakteristiky dané lokality .....</b>	<b>39</b>
<b>5.3</b>	<b>Inventarizace rodů a druhů dřevin na zájmovém území .....</b>	<b>39</b>
<b>5.4</b>	<b>Fyziologická vitalita dřevin .....</b>	<b>39</b>
<b>5.5</b>	<b>Dendrometrická měření .....</b>	<b>40</b>
<b>6</b>	<b>Výsledky .....</b>	<b>42</b>
<b>6.1</b>	<b>Zastoupení rostlinných druhů a jejich vhodnost.....</b>	<b>42</b>
<b>6.2</b>	<b>Fyziologická vitalita.....</b>	<b>43</b>
<b>6.3</b>	<b>Výška porostu .....</b>	<b>51</b>
<b>7</b>	<b>Diskuse .....</b>	<b>53</b>
<b>7.1</b>	<b>Zastoupení rostlinných druhů a jejich vhodnost.....</b>	<b>53</b>
<b>7.2</b>	<b>Fyziologická vitalita.....</b>	<b>54</b>
<b>7.3</b>	<b>Výška porostu .....</b>	<b>55</b>
<b>8</b>	<b>Závěry.....</b>	<b>57</b>
<b>9</b>	<b>Použitá literatura .....</b>	<b>58</b>
<b>10</b>	<b>Přílohy .....</b>	<b>63</b>

# 1 Úvod

V současné době, kdy je kladen značný důraz na kvalitu životního prostředí obcí a měst, se často setkáváme s revitalizací náměstí, městských parků a okolí obytných částí. Nemělo by se ale zapomínat na zeleň, která byla dříve vysázená podél městských komunikací.

S přibýváním obyvatel ve městech se okolí silničních komunikací stále více propojuje s prostorem měst určeným pro pobyt obyvatel, a proto plní zeleň rostoucí v okolí silničních komunikací nejen předpokládanou estetickou funkci, ale zároveň plní funkci protihlukovou a biologickou.

Nevhodný výběr dřevin pro výsadbu podél komunikací je problém, který vznikl již v době, kdy byly městské rychlostní komunikace budovány. V minulosti nebyly v těsném okolí komunikací obytné zóny, mnohdy se s nimi ani do budoucna nepočítalo, a proto nebyl kladen velký důraz na dostatečné propojení komunikace a intravilánu pomocí volby vhodných dřevin s požadovanými parametry a funkcemi.

Zeleň, vyskytující se podél silnic, je důležitým kritériem pro život lidí žijících v těsném okolí, a proto s postupem času a ohledem na lidský život vznikají stále vyšší požadavky. Péče o takové plochy by měla patřit mezi jedny z podstatných témat při rozhodování o financování projektů na údržbu a rozvoj kvality životního prostředí ve městech, zvláště pak v obytných zónách v blízkosti větších silničních tahů.

Pokud má zeleň na takto extrémních stanovištích plnit všechny funkce, které jsou od ní očekávány, musí se snadno adaptovat na nepříznivé podmínky prostředí, mezi které patří především zvýšená koncentrace přízemního ozonu, soli a vodní stres. Je tedy důležité vhodné zvolení rodů a druhů dřevin, které budou v tomto směru dostatečně flexibilní a zároveň budou dostatečně plnit i další estetická, funkční a ekologická kritéria.

## **2 Cíle**

Cílem práce je formou literární rešerše shrnout vhodné rody a druhy dřevin, které lze využít pro výsadbu v okolí hlavních silničních tahů ve městech. Dále se bude práce zabývat popisem vlivů vybraných abiotických stresorů (vodní stres, salinita a emise vzniklé automobilovou dopravou) a jejich projevů na rostlinách.

Byly stanoveny následující dílčí cíle:

1. vytvořit přehled dřevin vhodných pro výsadbu v okolí silničních tahů,
2. popsat vliv vybraných abiotických stresorů na rostliny,
3. na zájmovém území stanovit zdravotní stav dřevin a jejich vhodnost pro dané stanoviště.

### **3 Hypotézy**

Z uvedených cílů vyplývají následující hypotézy:

- a) Existují na zájmovém území dřeviny nevhodné pro výsadbu podél silničních komunikací?
- b) Ovlivňuje zájmové území zdravotní stav výsadby?

Dřeviny vyskytující se podél silničních tahů jsou pod zvýšeným stresem abiotických faktorů (zvýšená salinita, nedostatek vláhy a zvýšená koncentrace přízemního ozonu), a tím dochází ke zhoršení jejich zdravotního stavu. Přesto existují dřeviny, které jsou odolné vůči daným abiotickým podmínkám.

## 4 Literární přehled

### 4.1 Uplatnění dřevin v městské zeleni

Zeleň byla a je fenoménem urbanizovaného prostředí. Zeleň prostupuje z volné krajiny do zástavby, a tím propojuje volnou přírodu s prostředím, které si člověk přivlastnil pro vlastní potřeby (Durdík et al., 2011). Intravilánová zeleň poskytuje podmínky pro život mnoha organismů, jako příklad lze uvést drobné ptáky a savce, a výrazně tím zvyšuje množství rostlinných i živočišných druhů, které se v zastavěném území vyskytují (Reš et al., 2009).

Novák (2001) uvádí, že městská veřejná prostranství lze obecně rozdělit na náměstí (agory) a ulice (koridory). Z hlediska půdorysu prostranství je mezi oběma kategoriemi značný rozdíl, ale tradice na toto členění někdy nebere ohledy. Jako příklad lze uvést Václavské náměstí v Praze, které je spíše koridorem (Obr. 4.1). Tvar a velikost veřejného prostranství má zásadní vliv na možnosti výsadby stromů.



**Obr. 4.1: Pohled na Václavské náměstí v Praze.**  
(17. 2. 2014, <http://praha.idnes.cz/foto.aspx?r=praha-zpravy&foto1=AB3ef71e1152175516184.jpg>)

Přirozené vlastnosti dřevin a způsob jejich života vyvolávají změny v okolním prostředí. Z hlediska zpracování energie jsou rostliny označovány za producenty (na rozdíl od člověka a živočichů, kteří jsou v tomto ohledu označováni jako konzumenti). Zelené rostliny jsou mezi organizmy jediné, které dovedou zpracovat a uložit sluneční energii a zároveň tak vytvářet dále energeticky využitelné produkty, na kterých závisí život dalších organismů včetně člověka. Vlivem rostliny se chápe automatické působení rostlin na své okolí. Pokud jsou vlivy rostliny využívány záměrně a dřeviny jsou vysazovány tak, aby jejich vlivy byly efektivní a výsadby v důsledku toho funkční, hovoří se o funkcích zeleně (Novák, 2001).

#### 4.1.1 Vlivy městské zeleně na své okolí

Podle Nováka (2001) patří mezi vlivy rostlin na okolí vliv na tepelný a světelný režim okolí, vliv na chemické složení vzduchu a na snižování prašnosti. Dále rostliny ovlivňují vzdušné proudění a působí na snižování hlučnosti a na hygienickou jakost vzduchu. Působení vlivů na své okolí je komplexní. Vlivy nemusí být pouze pozitivní. Zejména v dnešní době, kdy je lidský organizmus oslabován nejrůznějšími produkty civilizace, dochází i k negativnímu působení. Jako příklad lze uvést působení přirozených produktů dřevin (pyl a chloupky z listů či plodů), které způsobují alergie. I na tyto vlastnosti dřevin je třeba brát ohledy při jejich výběru do veřejných městských prostranství.

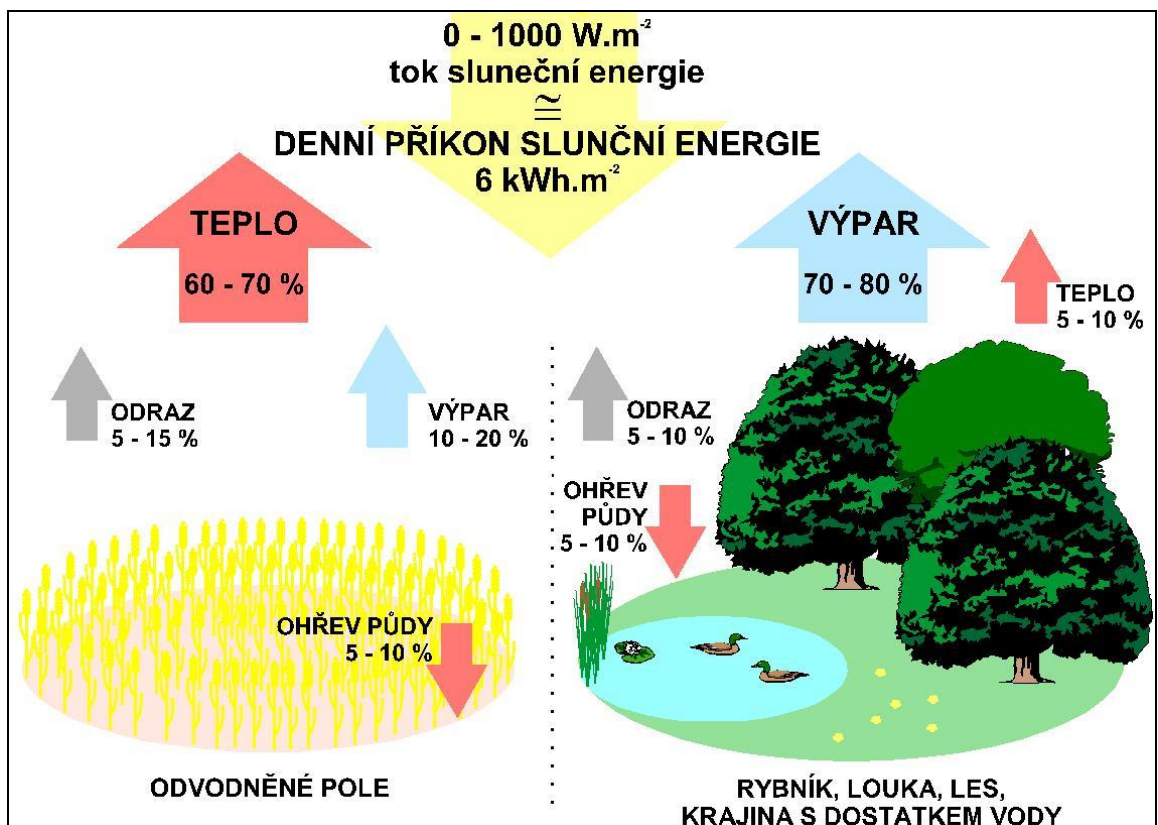
Kolařík et al. (2003) konstatují, že při návrhu umístění stromů do ulic ve městech je třeba si dávat pozor na možnosti jejich negativního účinku vlivem opadu plodů (*Corylus* sp., *Aesculus hippocastanum*) a znečištění plochy pod průmětem koruny například medovicí (*Tilia* sp.) či dužnatými plody (*Morus* sp., *Sorbus* sp., *Cornus mas*). Tyto negativní vlivy lze eliminovat výběrem neplodících kultivarů (*Aesculus hippocastanum* 'Baumannii') nebo vhodným umístěním dál od laviček a pěších komunikací.

##### 4.1.1.1 Vliv na tepelný a světelný režim okolí

Kavka, Šindelářová (1978) uvádějí, že prostředí je ochlazováno spotřebou energie, která je nutná k vypařování vody. Zároveň je ochlazováno zachycením světelného a tepelného záření (Obr. 4.2). Z uvedeného schématu vyplývá, že pokud je povrch zakrytý vegetací, dochází k odrazení tepelného záření zpět do atmosféry v zastoupení 5 – 10 %. Výpar se oproti odvodněnému poli, které má výpar 10 – 20 %, zvýší na 70 – 80 %. Díky zvýšenému výparu dochází k většímu ochlazení prostředí, které se ukrývá pod vegetací. Kolařík et al. (2003) uvádějí, že princip snižování teploty vzduchu pomocí vegetačního povrchu spočívá v odrazu části slunečního záření zpět do atmosféry, ve spotřebě energie pro fotosyntézu,

jedná se však pouze o zlomek procenta energie. Dále ve spotřebě energie pro intercepci (množství vody zadržené na rostlinách), transpiraci a výpar vody (např. rosa) z vegetačního povrchu. V tomto případě se jedná o naprostou většinu energie. Jako další se uvádí patrovitost vegetačního povrchu. Proces transformace slunečního záření na tepelnou energii probíhá na mnoha rovinách vegetace, nejedná se pouze o půdní povrch.

Dřeviny s poměrně řídkou korunou, například topol (*Populus* sp.) zachytí 60 – 80 % slunečního záření, dřeviny s hustou korunou v hustém zápoji zachytí až 97 % slunečního záření. Ve stínu stromů nejsme tedy obtěžováni nadměrným účinkem slunečního svitu a jsme osvěženi chladem, který je způsobený vypařováním vody v koruně stromu. V důsledku odpařování chladnější a zvlhčený vzduch klesá (Kavka, Šindelářová, 1978).



Obr. 4.2: Disipace sluneční energie na odvodněné ploše a v krajině s trvalou vegetací dostatečně zásobené vodou. Schematicky znázorněno pro jeden čtverečný metr.

(17. 2. 2014, [http://www.eamos.cz/amos/kek/externi/kek\\_407/02/02.htm](http://www.eamos.cz/amos/kek/externi/kek_407/02/02.htm))

#### 4.1.1.2 Vliv na chemické složení vzduchu

Vzhledem ke způsobu vázání sluneční energie uvolňují rostliny do ovzduší  $O_2$  a spotřebovávají  $CO_2$ . Další významnou funkcí zeleně je vázání dalších škodlivých plynů a aerosolů. Především se jedná o oxidy dusíku a síry, sloučeniny olova a dalších těžkých kovů. Do ovlivňování chemického složení vzduchu se také počítá emitování vodní páry, tedy zvlhčování ovzduší. Uvádí se, že městský vzduch je o 20 – 30 % sušší než vzduch mimo město. Díky vypařování  $H_2O$  vzrůstá vlhkost vzduchu v porostu stromů ve dne asi o 5 – 10 % a večer až o 20 %. Jako příklad můžeme uvést břizu (*Betula* sp.), která vyprodukuje 70 hl  $H_2O$  za jedno vegetační období (Kavka, Šindelářová, 1978).

#### 4.1.1.3 Vliv na snižování prašnosti

Dřeviny zachycují svými listy prach a popílek, který déšť splachuje na zem. Listy také zpomalují proudění vzduchu, tím snižují unášení prachových částic a usnadňují jejich usazování. Snižování prašnosti závisí také na velikosti a tvaru koruny (Tab. 4.1). Vyšší účinek mají dřeviny s kulovitou korunou oproti dřevinám s jehlancovitou korunou. Přirozeně se prach lépe usazuje na dřevinách s vrásčitými či chlupatými listy (Kavka, Šindelářová, 1978). Jako příklady dřevin vysazovaných v městském prostředí s plstnatými listy můžeme uvést hlošinu úzkolistou (*Eleagnus angustifolia*), jabloň Tschonoskovu (*Malus tschonoskii*), jeřáb prostřední (*Sorbus intermedia*), paulovnici plstnatou (*Paulownia tomentosa*), topol bílý (*Populus alba*) a vrbu bílou (*Salix alba*) (Málek et al., 2012).

OBJEM KORUNY [m <sup>3</sup> ]	VÁZÁNÍ PRACHU [g/rok]
1 000	25
750	19
500	13
250	6,5
5	0,8

**Tab. 4.1: Schopnost listnatých stromů vázat prach  
(podle Höppler, 1993 in Kolařík et al., 2003)**

Kolařík et al. (2003) uvádějí, že zachycování prachu a absorpce těžkých kovů a jiných zplodin způsobují fyziologickým procesům stromů další stresovou zátěž. V případě, že strom je oslaben souběhem jiných faktorů, jako příklad lze uvést nedostatek vody, který vede



k omezení transpirace a k redukci asimilačního aparátu, není už schopen výrazně přispět k pročištění proudícího vzduchu.

#### 4.1.1.4 Vliv na vzdušné proudění

V městském prostředí je vzhledem k zástavbě podstatně snížena síla proudění větru. Funkce vegetace jako větrolamu se využívá pouze na exponovaných stanovištích, která se nacházejí především na okrajích měst (Kolařík et al., 2003). Bylo zjištěno, že nejlépe plní protivětrnou funkci porosty, které jsou tvořeny členitou formací ze stromů a keřů. Jako ideální se považují stromy úzké, odzola zavětvené, jež mají propustnou korunu. Vhodné jsou stromy vysázené v řadě a doplněné keři. Výška dřeviny by neměla přesahovat 10 m a odstup by měl být nejméně dvojnásobek průměru koruny (Bulíř, 1988). Vysazované dřeviny vytvářejí polopropustné clony, které působí na zpomalování větru s vyšším efektem než pevné zábrany. Za pevnými zábranami se navíc často tvoří nepříjemné víry. Pokud nastane bezvětří, odpařování vody způsobí ochlazení a zvlhčení vzduchu. Následkem toho začne vzduch proudit (Kavka, Šindelářová, 1978). Vyjma čistě mechanického vlivu vegetace na sílu a směr proudění větru je vegetace schopna vyvolat takzvané konvekční proudění. Jinak také řečeno gradientový vítr. Principem tohoto jevu je stékání chladnějšího vzduchu do míst s vyšší teplotou. Jako příklad se uvádí stékání chladnějšího vzduchu z parkových ploch do přehřátých ulic (Kolařík et al., 2003).

#### 4.1.1.5 Vliv na snižování hlučnosti

Hluk patří mezi jedny ze základních stresových faktorů v městském prostředí. Nejvyšším zdrojem hluku se vnímá doprava a průmysl, přičemž automobilová doprava vyvolává až 80 % hluku. Porosty dřevin mohou snižovat hladinu hlučnosti v závislosti na zastoupení jednotlivých frekvencí, orientaci zdroje hluku, složením vegetace apod. Větve dřevin se chovají jako oscilátory, které přemění zvukovou energii na rezonanci. Zapojené pásy vegetace o výšce 13 – 20 m a šířce 20 – 30 m působí nejlépe jako protihlukové zábrany.

Dále se uvádí, že širší pruhy tvořené z hustě olistněných stromů snižují hluk o 10 – 12 dB (Kolařík et al., 2003). Sucharda (1993) in Kolařík et al. (2003) konstatují, že lidské ucho vnímá 0 – 130 dB, avšak optimální hladina hlučnosti je 25 – 40 dB.

Listy vysazených dřevin dokážou zachytit zvukové vlny, a tím snížit hluk daného prostředí. Existují však i teorie o tom, že pocit ticha je spojený s vnímáním zelené barvy. Toto tvrzení se uplatňuje v místech, kde přístroje sloužící k měření hluku nezaznamenaly pokles úrovně hluku. My však pocítujeme na těchto místech úlevu (Kavka, Šindelářová, 1978).

#### 4.1.1.6 Vliv na hygienickou jakost vzduchu

Zeleň, zvláště jehličnaté porosty, působí pozitivně na snižování množství škodlivých mikroorganismů v ovzduší. Zachycením prашných částic dochází sekundárně ke snížení choroboplodných zárodků (Bulíř, 1988). Dřeviny snižují obsah choroboplodných zárodků v ovzduší jak mechanicky pomocí usazování na listech, tak i vlivem látek, které vylučují. Především se jedná o silice a fytoncidy. Uvolněné látky mohou omezovat aktivitu mikroorganismů. V tomto případě se hovoří o bakteriostatickém účinku. Mohou však také mikroorganismy i přímo likvidovat. Jedná se o látky s bakteriocidním účinkem (Kavka, Šindelářová, 1978). V ovzduší lesa snižují dřeviny s bakteriostatickým a repelentním účinkem množství patogenních bakterií o 10-20 % ve srovnání s volným prostředím (Larcher, 2003). Listový aparát, který je ve své podstatě nositelem mikroklimatických změn v okolí porostů zeleně, se uplatňuje nejen v zachycení prachových částic, ale také v zachycení různých škodlivin. Jedná se především o aerosoly chemických sloučenin (Bulíř, 1988).

#### 4.1.2 Funkce zeleně ve městech

Záměrným (funkčním) uplatňováním přirozených vlastností dřevin nabývají výsadby jistých funkcí. Jedná se především o tyto funkce: o funkci mikroklimatickou, hygienickou, psychohygienickou, estetickou a architektonickou (Novák, 2001).

##### 4.1.2.1 Funkce mikroklimatická

Tato funkce vyplývá z příznivých vlivů dřevin na kvalitu ovzduší a prostředí. Projevuje se především snížením světelných a tepelných extrémů v důsledku zastínění a spotřeby energie při fotosyntéze a odpařování vody. V důsledku toho roste i vlhkost vzduchu. Řadí se sem i zpomalování proudění vzduchu nebo naopak podpora proudění vzduchu při bezvětrí. Oba zmíněné účinky se příznivě projevují na výměně vzduchu zejména ve víceméně uzavřeném městském prostředí. Jako příklad lze uvést nádvoří či náměstí (Kavka, Šindelářová, 1978).

##### 4.1.2.2 Funkce hygienická a psychohygienická

Hygienická funkce vyplývá z příznivého vlivu na snížení hluku i prašnosti a výskytu choroboplodných zárodků. Umožňuje tedy vytvářet hodnotnější prostředí pro pobyt a rekreaci. Tyto vlivy mají své přirozené psychosomatické účinky, které plní funkci psychohygienickou. Její působení je také závislé na ekologickém vzdělání, které bylo zahájeno již v 18. století, kdy J. J. Rousseau vyzval k návratu k přírodě. Současná společnost

je citlivější k osudu ploch zeleně i jednotlivých dřevin. Mnoho lidí tvrdí, že je jim dobře v zeleni a v přírodě, a proto vyhledávají tato místa k odpočinku a rekreaci. Tyto jevy mají například již od přelomu 18. a 19. století v lázeňských městech zásadní vliv na urbanismus. Pro nábožensky orientovanou část společnosti může být tvorba zahrad vnímána i jako snaha o přiblížení se ztracenému ráji (Kavka, Šindelářová, 1978).

#### 4.1.2.3 Funkce estetická

Kolařík et al. (2003) uvádí, že kvantifikace natolik subjektivního parametru (estetická funkce dřevin) je velice obtížná. Strom, jako jedinec, může být vnímán rozdílně. Z pozice člověka, jež rozumí jeho sadovnické, taxonomické či historické hodnotě, a oproti tomu z pozice člověka, který vnímá pouze negativa vycházející z běžných fyziologických funkcí. Hovoří se o opadu listů či stínění. Kavka, Šindelářová (1978) uvádějí, že tato funkce je významnou součástí funkce psychohygienické. Vyplývá to z toho, že dřeviny jsou člověkem vnímány jako absolutní krása, jež okouzlí většinu lidí. Pozorování dřevin je spojeno s libým pocitem. Intenzita pocitu je taková, že nezřídka může zastínit i méně estetické součásti prostředí, pokud je nelze esteticky působivou výsadbou přímo zakrýt. Zahradní estetika popisuje jednotlivé vlastnosti rostlin, což jí následně umožňuje vytvořit funkční repertoár pro efektivní zpracování výsadeb. Oproti běžným estetickým kategoriím, do kterých patří barva, velikost, řád, rytmus apod., je na místě zdůraznit u zahrad jednu kvalitu, jež jiné lidské umělecké výtvořiny postrádají. Díky přirozeným vlastnostem rostlin jsou zahrady i výsadby na veřejných městských prostranstvích proměnlivé (Mareček et al., 1975).

Podle Nováka (2001) lze rozpoznat tři základní rytmy proměnlivosti:

- Denní koloběh – souvisí se zdánlivým pohybem slunce po obloze, z něhož vyplývá změna velikosti, polohy a intenzity vrhaných stínů. V rostlinné říši je navíc ozvláštňen takovými jevy, jako je otevírání a zavírání květů, jejich intenzivní vůně (některé rostliny voní přes den, jiné naopak v noci), pohyb listů apod.
- Roční koloběh – souvisí s vegetačním cyklem (rašení, zelenání se, rozkvět, plození, barvení listů, opad listů a bezlistá fáze) a vlivem počasí.
- Dlouhodobý koloběh – souvisí s vývojovými fázemi rostlinných jedinců. Jiný je u krátkověkých rostlin a jiný u dlouhověkých. Navenek se výrazně projevuje změnou velikosti, která je do určitého věku dřeviny silně progresivní, následně změnou měřítka, poměru osluněných a zastíněných ploch. Po odumření rostliny, následným odstraněním a nahrazením novou se celý cyklus opakuje.

#### 4.1.2.4 Funkce architektonická

Spočívá v tom, že záměrně vysazené dřeviny pomáhají příznivě členit prostor, a to i v úrovni urbanistické. Solitérní, řadové i plošné výsadby stromů mohou uzavřít městské prostranství, zarámovat významnou dominantu či odlonit rušivý prvek (Obr. 4.3). Na rozdíl od staveb nepůsobí nikdy dojmem naddimenzovaného bloku, vždy splňují prostorové měřítko (Kavka, Šindelářová, 1978).



**Obr. 4.3: Náměstí Míru v Praze**

(17. 2. 2014, <http://www.portalpraha.cz/novogoticky-kostel-sv-ludmily/>)

#### 4.1.3 Vegetační doprovody silnic

Bulíř (1988) uvádí, že vegetační doprovody jsou nedílnou součástí komunikací. Jsou tak označovány společenství rostlin (byliny a dřeviny), která jsou záměrně vysázena nebo spontánně rozšířena v okolí silnic. Rostliny se tedy mohou vyskytovat v bočních pásích kolem komunikace, ve středních dělicích pásích, na protihlukových valech, v prostorách mimoúrovňového křížení, v okolí odpočívadel a čerpacích stanic a na jiných pozemcích náležejících ke komunikaci. Za zmínku stojí uvést ovocné aleje. V TP 99 dodatek 1 (2005) se uvádí, že aleje ovocných stromů u silnic ještě stále určují krajinný ráz velké části území Čech i Moravy. V odlesněné, intenzivně využívané krajině nížin a plochých částí vrchovin jiné tak

významné krajinotvorné prvky nejsou, a proto je nutno je chránit jako významný krajinný prvek dle zákona 114/1992 Sb. Obvykle jde o přirozeně rostoucí staré stromy s vyššími kmeny – jabloně, hrušně, třešně, višně, švestky, jeřáby a ořešáky.

Za funkčně plnohodnotný vegetační doprovod dnes považujeme ten, ve kterém jsou přítomny jak byliny, tak i dřeviny. Obě tyto složky musí mít vhodné druhové a prostorové uspořádání v takovém plošném poměru, který nejlépe reaguje na současné a zvláště budoucí potřeby společnosti a krajiny. Tyto složky musí zároveň vyhovovat racionálním požadavkům na bezpečnost provozu, stavebně technický stav komunikace a její údržbu (Bulíř, 1988).

Dle tohoto autora mají vegetační úpravy u komunikací splňovat tyto funkce: stavebně technickou, dopravně technickou, bezpečnosti dopravy, hygienickou, krajinářsky estetickou a biologickou.

Na stavu zeleně v okolí komunikací se projevuje kromě kvality ovzduší a množství vody, která se dostane ke kořenům rostlin, také kvalita výsadby a následné údržby, výkopy, které mohou poškodit kořenový systém, opravy vozovek či chodníků a vandalismus. Před realizací zásahů do stávající zeleně musí být provedeno důkladné posouzení kvality, zdravotního stavu a rizik provozní bezpečnosti (Reš et al., 2009)

Podle (Anonym, 1989) se vegetační doprovody silnic dělí dle druhu porostu na zatravnění, silniční křoviny, silniční stromoví a květinové výsadby. Mezi základní pojmy při řešení úprav silniční zeleně patří:

Zeleň – společenství bylin a dřevin, které jsou vázané na půdu a ostatní složky životního prostředí.

Půda – nejsvrchnější část zvětralinového pláště zemské kůry, kde její fyzikálně chemické vlastnosti umožní koloběh látek. Koloběh látek probíhá mezi ní, atmosférou, živými organismy a mezi organismy navzájem.

Ornice – obdělávaná, biologicky aktivní vrchní vrstva půdy, která je vázána na spodní vrstvy půdního profilu.

Náhrady ornice – předem zúrodněné zeminy, které se podobají fyzikálně a chemicky ornici.

Byliny – rostliny, které nevytvářejí dřevnaté osy. Zároveň tvoří bylinné patro, které se dělí na podrost a trávník.

Náhrady trávníků – porosty bylin nebo nízkých dřevin, které jsou schopné plnit funkce trávniku v extrémních podmínkách a tam, kde je jejich údržba racionálnější než

ošetřování trávníku. Jedná se o rostliny, které jsou schopné vytvářet souvislé porosty vysoké do 50 cm. Mezi dřeviny patří především skalník dammerův (*Cotoneaster dammeri* ‘Skogholm’), mochna křovitá (*Potentilla fruticosa*), vrba zakrslá (*Salix repens* ‘Argentea’), pámelník chenaultův (*Symphoricarpos chenaultii* ‘Hancock’), jalovec vodorovný (*Juniperus horizontalis*).

Stromy – listnaté a jehličnaté dřeviny vytvářející kmen a korunu.

Keře – listnaté a jehličnaté dřeviny, které nevytvářejí jeden kmen. Jejich koruny se obvykle dotýkají země. Dále se dělí na nízké (do 1,5 m), středně vysoké (do 3 m) a vysoké (nad 3 m).

Stromovité keře – dřeviny, které vytvářejí více kmenů, a jejich výška přesahuje 5 m. Mohou být rozvětvené až k zemi.

Plevel – nežádoucí a samovolně se šířící byliny a dřeviny.

Nálety – samovolně se šířící rostliny, které tvoří přirozenou složku společenství rostlin. Pokud nežádoucím způsobem mění prostorovou a druhovou strukturu porostů, jsou považovány za plevelné.

Solitéry – jednotlivě rostoucí dřeviny, jejichž koruny se nedotýkají a jsou úplné.

Skupiny dřevin – koruny stromů se dotýkají a omezují se navzájem tak, že nejsou úplné.

Porosty dřevin – složeny z velkého počtu jedinců, jejichž koruny jsou neúplné. Menší části dřevin na okrajích porostů tvoří plášť. Koruny většiny keřů či stromů nacházející se uvnitř porostu jsou v růstu omezovány ze všech stran, a proto mají jen vrcholovou část koruny. Odstraněný plášť porostu může být nahrazen pouze tehdy, pokud jsou v porostu vysázeny dobře obrůstající dřeviny.

Aleje – řady stromů, které jsou vysázeny v pravidelných odstupech s úplnými nebo téměř úplnými korunami. Obvykle je alej tvořena jedním druhem dřeviny.

Živé ploty a stěny – řady keřů a stromů, které mají navzájem prorostlé (neúplné) koruny. Mohou být tvarovány. Používá se jeden nebo jen málo druhů dřevin.

Pásky – tvořené z více řad volně rostoucích dřevin, které mají bohatší druhovou skladbu, jež je dána přírodními podmínkami, kompozičním řešením a funkcí pásu zeleně (větrolam, hygienická či optická clona a biokoridor). Z pásů může být složen porost na širokých plochách, které se vyskytují v rovině či ve svazích.

V TP 99 (2005) se uvádí, že životnost dřevin u pozemních komunikací je závislá na mnoha faktorech. U pozemních komunikací s vysokou intenzitou silničního provozu je životnost daného druhu vždy nižší, než přirozená životnost. Základem pro vyšší životnost je péče v počátečním období, tzn. při výsadbě a v prvních letech po ní. V případě, že je proveden odborný výběr dřevin, použit kvalitní sadbový materiál, pečlivě provedena výsadba a ošetření po ní a v dalších třech, čtyřech letech prováděno alespoň odplevelování, je dán dobrý základ vitality a dlouhodobé životnosti dřevin. V dalších letech se podstatně podílejí na životnosti podmínky, případně změna stávajících podmínek na stanovišti. Jako příklad lze uvést zvýšení silničního provozu.

#### 4.1.3.1 Projekční příprava pro tvorbu vegetačních doprovodů silnic

Základní částí projekční přípravy, z které se vychází, je koncepce. Koncepce zeleně u silnic vychází z územních plánů, kde řešení dopravy na daném místě má respektovat stávající ekologické vazby a kulturní hodnoty krajiny. V této koncepci je určeno, jak má být stávající zeleň udržována, obnovována a případně přebudována. Obsaženy jsou v ní i zásady řešení a výběr dřevin pro výsadby trvalé zeleně na nově upravených plochách. Za další část projekční přípravy lze považovat projektový úkol. Zde je určen objem zeleně, předpokládané náklady na její pořízení, vymezení jejích prvořadých funkcí, vazeb a limit řešení (Anonym, 1989).

Následně je pak vyhotoven úvodní projekt, kde je dáno řešení sadových úprav, je stanoven podíl a funkce jednotlivých prvků zeleně, jsou stanoveny náklady na realizaci úprav a je určen způsob uspokojení oprávněných zájmů zúčastněných stran. Jako další část se uvádí prováděcí nebo jednostupňový projekt. Zde je určeno, jak bude upraven terén, připravena půda, kde a jak bude založen trávník, kde, co a jak se sází a jak to vše má být dále pěstováno. Jako u předchozí části jsou stanoveny náklady a doložen způsob uspokojení oprávněných zájmů zúčastněných stran. Podkladem pro vyhotovení projektu by měl být snímek z katastrální mapy s výpisem z evidence nemovitostí, územně-plánovací dokumentace, koncepce zeleně u silnic, pasport zeleně (údaje o stávající zeleni), situace (polohopis a výškopis). Poslední částí projekční přípravy je kompletace podkladů a průzkumové práce (Anonym, 1989).

#### 4.1.3.2 Historický vývoj vegetačních doprovodů komunikací na území České republiky

Bulíř (1988) uvádí, že počátky vzniku komunikací se řadí do období pravěku, kdy si pračlověk při obstarávání potravy vyšlapával v terénu pěšiny a klestil skrze lesnaté krajiny průchody. Se vznikem obchodu vznikají další stezky. První zmínky o obchodním styku obyvatelstva jsou na našem území zaznamenány již na přelomu 2. a 1. tisíciletí před naším letopočtem. Krajina byla převážně lesnatá, a proto se cesty budovaly skrze lesy. Vegetačními doprovody silnic byly tedy v dávné minulosti lesy.

Cílevědomá tvorba zeleně (sázení stromů) u cest se objevuje až v 18. století. Počátky této činnosti lze vymezit panováním císaře Karla VI., kdy dochází na našem území k výstavbě silnic. Výstavba se opírá o nové vědecké poznatky a zkušenosti. Podél silnic byla vytvářena stromořadí, která byla tvořena nejprve z vrb, následně se doporučovalo vysazovat lípy, moruše, jeřáby, jasany, ořešáky, buky, jilmy a divoké ovocné stromy (Obr. 4.4). Volba stromů nebyla omezena, ale vzdálenost mezi stromy musela činit 6 sáhů, to znamená 11,4 m. Podle údaje z roku 1846 bylo v Čechách přibližně 2 410 km ovocných alejí, které rostly u cest, silnic a na mezích (Bulíř, 1988).



**Obr. 4.4: Lipová alej mezi Radkovem a Dubovou (Moravskoslezský kraj), jež byla vysázena v roce 1826 jako doprovodná zeleň ke kočárové cestě (10. 3. 2013, <http://arnika.org/aleje-moravskoslezskeho-kraje>).**



Zákonem z roku 1864 byly veškeré silnice rozděleny na státní a veřejné a ty se pak členily na zemské, okresní a obecné. Státní silnice udržoval a budoval stát a péče o ostatní komunikace byla předána jednotlivým zemím, okresům a obcím. Ze zákona o technickohospodářské správě veřejných silnic, které nejsou erární, daného dne 31. května 1866 pro království České, vycházejí zásady, které využíváme i v dnešní době. Jedná se především o sázení dřevin za příkopy, vhodný výběr dřevin dle stanovištních podmínek a volbu zdravých a silných sazenic s vysokým kmenem (Bulíř, 1988).

Autor dále uvádí, že za význačný mezník lze považovat vynález automobilu v roce 1886. Od této doby se počet motorizovaných vozidel zvyšuje, a tím dochází k vytváření mnoha silnic. Stromy se sázely převážně ve tvaru pravidelných alejí, které se nacházely po jedné nebo obou stranách komunikace. S postupem času vzniklo mnoho zákonů, které vycházely z historických událostí. Zákony často upravovaly výběr dřevin a způsob výsadby a péče o dřeviny. Původní koncepce zůstává však stejná. Zeleň kolem silnic má plnit jak ekologické, tak i estetické hledisko.

## **4.2 Výběr dřevin vhodných pro městskou zeleň a doprovod komunikace**

Při výběru dřevin bychom měli mít na paměti, že se nejedná o plochy pro dřeviny přirozené (např. volná krajina či lesní prostředí), ale jde o stanoviště, které je činností člověka výrazně pozměněné a pro rostliny více či méně stresující. Jako příklad prostředí s negativním vlivem na zeleň lze uvést městská centra, místa s vyšším výskytem imisí, zasolená stanoviště a stanoviště antropogenních či devastovaných půd (Reš et al., 2009).

Podle Nováka (2001) by se při rozhodování o sortimentu, který bude nově vysázen, měla dodržovat zásada, že do malých prostorů se sázejí dřeviny s malou korunou a naopak do velkých prostorů se využívají stromy s velkou korunou.

### **4.2.1 Výběr dřevin vhodných pro veřejná prostranství**

#### **4.2.1.1 Sortiment dřevin pro náměstí**

Náměstí jsou významným a specifickým prvkem v organizmu města. Mají svůj historický význam, který je spjatý s historií města, jež má těsnou vazbu na typ městské zástavby. V sídlech mají náměstí nezastupitelnou přírodní, estetickou a rekreační funkci. Především v posledních letech čelí náměstí se zelení silnému tlaku na jejich přeměnu (Obr. 4.5).

Je třeba volit citlivý přístup a neprovádět unáhlené změny, které neberou ohledy na podstatné souvislosti (Reš et al., 2009).



**Obr. 4.5: Zrekonstruované náměstí Svobody ve Valticích**

**(10. 3. 2014, <http://www.valtice.eu/komplexni-stavebni-uprava-namesti-svobody-ve-valticich/d-1487/p1=1742>)**

U náměstí středověkého původu se jako solitéra využívá především lípa (*Tilia cordata* či *Tilia platyphyllos*). Pokud prostor náměstí umožní osázet řadou stromů obvodové chodníky, doporučují se kultivary domácích dřevin. Mezi tyto dřeviny patří javor mléč (*Acer platanoides* ‘Globosum’), jasan ztepilý (*Fraxinus excelsior* ‘Nana’), javor babyka (*Acer campestre*), habr obecný (*Carpinus betulus*), hrušeň domácí (*Pyrus communis* ‘Beech hill’), jeřáb muk či jeřáb ptačí (*Sorbus aria* či *Sorbus aucuparia*) (Novák, 2001).

Na náměstích mladšího původu, kde převládá duch 19. století, je doporučeno sázet již zmíněný sortiment obohacený o další dřeviny. Jedná se především o trnovník akát (*Robinia pseudoacacia* ‘Bessoniana’, ‘Tortuosa’, ‘Umbraculifera’, ‘Pragensis’), hloh obecný (*Crataegus laevigata* ‘Paul’s Scarlet’, ‘Plena’, ‘Rosea Flore Pleno’), jerlín japonský (*Sophora japonica*), líska turecká (*Coryllus colurna*), javor jasanolistý (*Acer negundo*), javor mléč (*Acer platanoides* ‘Schwedleri’), javor klen (*Acer pseudoplatanus* ‘Atropurpureum’, ‘Aureo-variegatum’), javor stříbrný (*Acer saccharinum*), jilm (*Ulmus* sp.), katalpa trubačovitá (*Catalpa bignonioides*), morušovník bílý (*Morus alba*), morušovník černý (*Morus nigra*), platan javorolistý (*Platanus x acerifolia*), slivoň křovitá (*Prunus fruticosa* ‘Globosa’), šeřík obecný (*Syringa vulgaris*), topol balzámový (*Populus balsamifera*), vrba bílá (*Salix alba* ‘Tristis’). Pokud se jedná o stromy s malou korunou je doporučeno sázet

je spíše po obvodu náměstí na okraj chodníku. Pokud mají stromy velkou korunu, doporučuje se výsadba na okraj vozovky, která je vzdálenější od fasád místních budov (Novák, 2001). Hieke (1994) publikoval, že dalšími dřevinami, které lze vysázet na náměstí jsou javor stříbrný (*Acer saccharinum* 'Bicolor') a jerlín japonský (*Sophora Japonica* 'Pendula').

#### 4.2.1.2 Sortiment dřevin v ulicích

V případě, že se jedná o úzké ulice, doporučuje se výsadba malokorunných stromů, které jsou umístěny na okrajích vozovky. Mezi ně se řadí akát (*Robinia pseudoacacia* 'Umbraculifera', *Robinia hispida*), javor babyka (*Acer campestre* 'Elsrijk'), hloh obecný (*Crataegus laevigata* 'Paul's Scarlet', 'Plena', 'Rosea Flore Pleno'), javor mléč (*Acer platanoides* 'Globosum'), jasan ztepilý (*Fraxinus excelsior* 'Nana'), slivoň křovitá (*Prunus fruticosa*), slivoň myrobalán (*Prunus cerasifera* 'Pissardii Nigra') a šeřík obecný (*Syringa vulgaris*). Dále se do úzkých ulic vysazují keře pěstované nebo roubované do tvaru stromů. Jako příklad se uvádí čimšník stromovitý (*Caragana arborescens*), dřín obecný (*Cornus mas*) a skalník rozkladitý (*Cotoneaster divaricatus*). Hieke (1994) uvedl, že do úzkých ulic se svými rozměry také hodí hloh tečkovaný (*Crataegus punctata*), sakura ozdobná (*Prunus serrulata* 'fugenzo') a mandloň trojlaločná (*Prunus triloba*).

Pokud se jedná o široké ulice, stromy mohou být sázeny do dvou až víceřadých alejí (Obr. 4.6). Stromy se umísťují do páru nebo do trojsponu. Párová výsadba však působí ukázněněji. Využívají se dřeviny s větší korunou. Mezi ně patří trnovník akát (*Robinia pseudoacacia* 'Bessoniana', 'Tortuosa', 'Pragensis'), jeřáb břek (*Sorbus torminalis*), břestovec západní (*Celtis occidentalis*), dřezovec trojtrnný (*Gleditsia triacanthos*), dub letní (*Quercus robur* 'Fastigiata'), jeřáb ptačí (*Sorbus aucuparia*), jeřáb prostřední (*Sorbus intermedia*), jeřáb muk (*Sorbus aria*) a jerlín japonský (*Sophora japonica*) (Novák, 2001). Hieke (1994) publikoval, že do sortimentu, který lze vysázet do širokých ulic, také patří jírovec maďal (*Aesculus hippocastanum* 'Umbraculifera'), habr obecný (*Carpinus betulus* 'Incisa') a katalpa trubačovitá (*Catalpa bignonioides*).



**Obr. 4.6: Dvouřadá alej v Ječné ulici v Praze**  
(10. 3. 2014, <http://foto.mapy.cz/229629-Praha-Jecna-ulice>)

#### 4.2.1.3 Sortiment vysazovaných dřevin na veřejné prostranství v historii

Novák (2001) uvedl, že od dávné minulosti do 16. století byly vysazovány na veřejných prostranstvích především lípa (*Tilia* sp.), dub (*Quercus* sp.), tis (*Taxus* sp.) a ovocné dřeviny, zejména dlouhověké hrušně (*Pyrus* sp.). V období mezi 16. a 18. stoletím se zejména využívaly lípa (*Tilia* sp.), javor (*Acer* sp.), jírovec maďal (*Aesculus hippocastanum*), trnovník akát (*Robinia pseudoacacia*), topol vlašský (*Populus pyramidalis*) a platan (*Platanus* sp.). Platan byl v tomto období využíván pouze jako solitérní strom v zámeckých parcích. Oproti tomu trnovníky akáty a topoly byly v závěru 18. století ve velké míře vysazovány nejen do zámeckých parků, ale i do stromořadí ve městech a volné krajině.

V době 19. století byly vysazovány druhy lip, akátu a jírovce, javor mléč (*Acer platanoides*), javor klen (*Acer pseudoplatanus*), javor stříbrný (*Acer saccharinum*), druhy akátu, jasan ztepilý (*Fraxinus excelsior*), habr (*Carpinus* sp.), hloh (*Crataegus* sp.), jeřáb (*Sorbus* sp.), líska turecká (*Corylus colurna*), platan (*Platanus* sp.), jilm (*Ulmus* sp.), dub (*Quercus* sp.), slivoň (*Prunus* sp.), šeřík (*Syringa* sp.), katalpa (*Catalpa* sp.), buk (*Fagus* sp.), topol (*Populus* sp.), jerlín japonský (*Sophora japonica*) a pajasan žláznatý (*Ailanthus altissima*). Dostupný sortiment byl v 19. století velmi široký. Na počátku 20. století umožňoval široký sortiment volit do dané situace optimální dřevinu. Bohužel díky světovému dění ve 20. století se úroveň znalosti sortimentu výrazně snížila (Novák, 2001).

#### 4.2.2 Výběr dřevin vhodných pro doprovody komunikací

V případě výběru vhodných dřevin pro výsadbu kolem silničních komunikací je třeba se řídit zákonem 114/1992 Sb. O ochraně přírody a krajiny. Bulíř (1988) uvedl, že mezi dřeviny s odolností k zasolení, které mohou být využity při realizaci doprovodů komunikací, patří jasan ztepilý (*Fraxinus excelsior*), dub letní (*Quercus robur*), dub zimní (*Quercus petraea*), dřezovec trojtrnný (*Gleditsia triacanthos*), dub červený (*Quercus rubra*), trnovník akát (*Robinia pseudoacacia*), jerlín japonský (*Sophora japonica*), svída krvavá (*Cornus sanguinea*), zimolez pýřitý (*Lonicera xylosteum*), meruzalka alpinská (*Ribes alpinum*), bez černý (*Sambucus nigra*), kalina tušalaj (*Viburnum lantana*), netvařec křovitý (*Amorfa fruticosa*), čimišník stromkovitý (*Caragana arborescens*), čimišník křovitý (*Caragana frutex*), žanovec stromkovitý (*Colutea arborescens*), hlošina úzkolistá (*Elaeagnus angustifolia*), rakytník řešetlákový (*Hippophae rhamnoides*), zimolez Mackův (*Lonicera maackii*), zimolez tatarský (*Lonicera tatarica*), meruzalka zlatá (*Ribes aureum*), šeřík obecný (*Syringa vulgaris*), tamaryšek drobnokvětý (*Tamarix parviflora*), tamaryšek pětimužný (*Tamarix pentandra*).

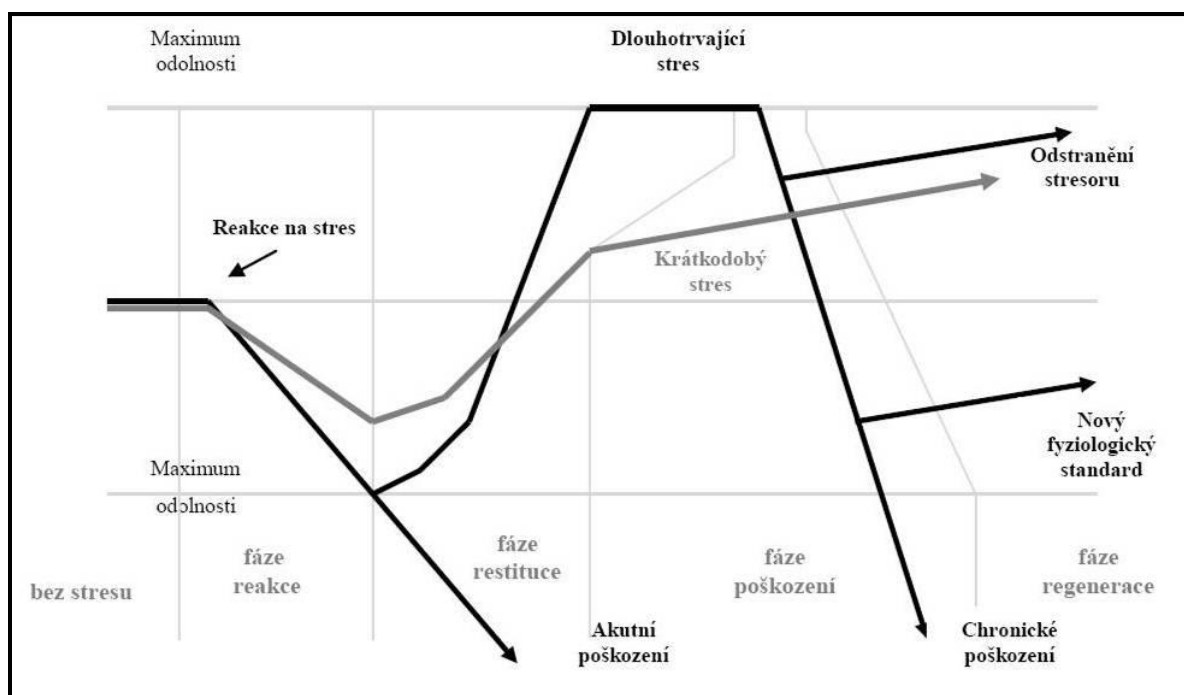
Anonym (1989) publikoval, že výběr dřevin musí umožnit vznik co nejstabilnějších porostů, které jsou blízké původním společenstvím. Proto se upřednostňují domácí dřeviny. Cizí druhy lze uplatnit pouze tam, kde nehrozí jejich rozplevelování, nebo v místech, kde by domácí druhy neobstály. Jedná se především o prostory středních dělicích pásů a plochy, které jsou pravidelně zasolované a znečišťované. Mezi listnaté stromy patří javor mléč (*Acer platanoides*), javor klen (*Acer pseudoplatanus*), olše lepkavá (*Alnus glutinosa*), bříza bílá (*Betula verrucosa*), habr obecný (*Carpinus betulus*), buk lesní (*Fagus sylvatica*), jasan ztepilý (*Fraxinus excelsior*), dub letní (*Quercus robur*), lípa srdčitá (*Tilia cordata*). Mezi jehličnaté stromy se řadí modřín obecný (*Larix decidua*), smrk obecný (*Picea abies*), borovice černá (*Pinus nigra*) a borovice lesní (*Pinus sylvestris*). Jako další skupina se uvádějí stromovité keře. Sem patří javor babyka (*Acer campestre*), hlošina úzkolistá (*Eleagnus angustifolia*), višěň turecká (*Prunus mahaleb*), řešetlák počistivý (*Rhamnus catharticus*) a vrba jíva (*Salix caprea*). Mezi listnaté keře, které se využívají jako podsadba, se řadí ptačí zob obecný (*Ligustrum vulgare*), meruzalka alpská (*Ribes alpinum*) a pámelník bílý (*Symphoricarpos racemosus*). Listnaté keře výplňové jsou netvařec křovitý (*Amorfa fruticosa*), čimišník stromovitý (*Caragana arborescens*), svída bílá (*Cornus alba*), svída krvavá (*Cornus sanguinea*), brslen evropský (*Euonymus europaea*), zimolez tatarský (*Lonicera tatarica*), zimolez obecný (*Lonicera xylosteum*), tavola kalinolistá

(*Physocarpus opulifolius*), kalina tušalaj (*Viburnum lantana*) a kalina obecná (*Viburnum opulus*).

### 4.3 Stresy a stresory rostliny

Stresor je činitel vnějšího nebo vnitřního prostředí, jenž v organismu vyvolává ohrožení jeho funkčních vztahů. Mooney (1991) uvedl, že první změny na rostlině při působení stresoru jsou patrné především na listech. Působení stresoru iniciuje řadu změn v rostlině. Jedná se o zpětnou vyrovnávací vazbu z různých částí rostlin.

Nejprve se jedná o stresový stimul, na nějž navazuje stresová odpověď. Stresová odpověď znamená změnu funkčního stavu. Jako příklad uveďme fototropizmus (reakce na světlo – náklonem větví), tigmotropizmus (reakce na trvale dráždící předmět – odklonem větví) nebo reakci kořenů – ukončením dlouhivého růstu ve ztuhlé půdě a následnou obnovou růstu v příznivějším směru. Stresová odpověď (reakce na stres) prochází několika fázemi (Obr. 4.7) (Kolařík et al., 2005).



Obr. 4.7: Průběh stresové reakce (Lichtenthaler, 1998)

Z uvedeného obrázku je patrné, že při poplachové fázi (fáze reakce) dochází k zastavení všech dosavadních funkcí, zejména syntéz nejrůznějších látek, a zástavě růstu. Zasažené části intenzivně dýchají a rozkládají dosavadní struktury (katabolizmus převládá nad anabolizmem). V tomto okamžiku může dojít k akutnímu poškození až odumření. Například u okrajových částí listu vlivem působení solí. Dále může následovat fáze restituce,

kdy dochází k opravným procesům, syntéze bílkovin a ochranných látek, případně k náhradě ztracených částí novým růstem. Výsledkem změny vztahu mezi dýcháním a fotosyntézou je vyčerpání organismu a nedostatek okamžitě dostupné energie. V důsledku toho se snižuje produkce biomasy, nastávají růstové nepravidelnosti, snižuje se plodnost a dřevina předčasně stárne. Jedná se o fázi poškození. Fáze regenerace spočívá v postupném návratu rostliny do původního stavu (Larcher, 2003, Levitt, 1980, Lichtenthaler, 1998).

Uvedení autoři dále konstatují, že vnější faktory, které působí na rostliny, nemusí vždy vyvolat stres s negativními důsledky. Lichtenthaler (1995) uvedl, že stres, který je mírný a nepřekračuje adaptační schopnosti rostliny, může pozitivně aktivovat buněčný metabolismus, čímž dochází ke stimulaci fyziologické aktivity rostlin. I při dlouhodobém působení nezpůsobí poškození. Tento stres je označen pojmem eustres a je definován jako stimulační či aktivační stres, který má pozitivní účinek na vývoj či přežití rostliny. Oproti tomu stres, který způsobuje poškození, je nazván distres. Nemá kladný vliv na vývoj a přežití rostlin v daném prostředí. Levitt (1980) uvádí, že distres se projeví v případě, kdy stresor překročí prahovou hodnotu tolerance, ve které jsou rostliny schopné kompenzovat stres svými vnitřními reparačními mechanismy. Relativní pozice prahové hodnoty je závislá na druhu rostliny, typu stresoru, růstových podmínkách a vitality dřeviny.

Vnější prostředí a jeho nepříznivé vlivy mohou způsobovat zpomalení životních funkcí rostliny, poškození jejích jednotlivých orgánů či dokonce její úplné odumření. Pro každý rostlinný druh je typická tolerance určitého rozmezí jednotlivých faktorů. Tato tolerance může být vyjádřena ekologickou valencí, kterou se rozumí interval mezi minimální a maximální tolerovanou hodnotou. Dále lze určit optimum, což je taková hodnota faktoru, která umožňuje organismu nejlépe se vyvíjet. Toto optimum se musí vždy nalézat v rozmezí ekologické valence, ale vlivem konkurence může být posunuto někdy dokonce až k letálním hranicím (Bláha et al., 2003).

Tito autoři dále uvádějí, že na živé organismy působí celý komplex vlivů. Řadí se sem abiotické vlivy, do kterých patří fyzikální a chemické faktory, a také biotické vlivy, které zahrnují všechny živé organismy včetně člověka. Všechny faktory vstupují do vzájemných interakcí.

## 4.4 Antropogenní stresory a jejich vliv na rostliny

Kolařík et al. (2005) uvádějí, že za nejvýznamnější antropogenní stresory lze považovat, chemické látky, které se používají pro ochranu rostlin (herbicidy, fungicidy, insekticidy). Dále látky, které znečišťují ovzduší (SO<sub>2</sub>, NO<sub>x</sub>, fluoridy, PAN – peroxyacetylnitráty, perzistentní organické látky – polyaromatické uhlovodíky, PCB, chlorované fenoly a uhlovodíky atd.), kyselá dešť, mlhy a jejich důsledky (zakyselení půd, minerální deficienze Mg, K, Ca v půdě). Mezi další látky znečišťující ovzduší lze podle těchto autorů také zařadit ozon (fotochemický smog), těžké kovy vyskytující se v ovzduší i v půdě, nitrifikaci půd, jež vzniká vlivem suché i vlhké depozice, nadprodukcí metanu při velkochovu dobytka, zvýšení úrovně UV radiace, zvýšení obsahu CO<sub>2</sub> a globální změny klimatu.

### 4.4.1 Zasolení

Bláha et al. (2003) uvádějí, že při stresu, který je vyvolán zasolením, se změny projevují již na buněčné úrovni. Zde dochází k zastavení dělivého a dlouhivého růstu a zároveň k bubření protoplazmy. Když jsou protoplasty odolné, jsou schopné přežít koncentraci NaCl v roztoku 4 – 8%, oproti tomu protoplasty, které jsou citlivé na zasolení, snesou pouze 1,5% koncentraci NaCl v roztoku. Protoplasma v průběhu odolnosti vůči zasolení využívá významného adaptačního mechanismu, při kterém dochází k nerovnoměrnému rozdělení iontů solí. Koncentrace solí v cytoplasmě je nízká, jelikož je většina solí ukládána ve vakuole. Na základě uvedených disproporcí se v cytoplasmě vyvolává hromadění organických sloučenin.

Autoři dále uvádějí, že iontové pumpy umístěné v hraničních vrstvách cytoplazmy jsou činiteli nerovnoměrného rozdělení solí v buňce. V průběhu procesu negativního působení solí je také ovlivněna aktivita enzymů. Důsledkem změn dochází v procesu fosforylace a respirační fosforylace k nedostatečné tvorbě energie. Dále je pak narušena asimilace dusíku, při které dojde ke změně zastoupení aminokyselin, kde se ve větší míře tvoří prolin. Pokud dojde ke změně v zastoupení aminokyselin, dojde také k odlišnému metabolismu bílkovin, a tím i ke vzniku přechodných i konečných toxických produktů.

#### 4.4.1.1 Zasolení půd

Jedná se o specifický faktor městských aglomerací a stromořadí kolem silnic. Chlorid sodný (NaCl) se dostane do kontaktu s vegetací v zimě, kdy se při údržbě komunikací



ve velké míře používají posypové soli. Uvedené změny jsou patrné ve vzdálenosti dvou až deseti metrů od vozovky (Kolařík et al., 2003).

Bláha et al. (2003) uvádějí, že pokud je obsah NaCl v půdě vysoký, dojde ke snižování příjmu minerálních živin, a tím i k poklesu produkce sušiny biomasy a rychlosti růstu. Soukup, Horký (1981) konstatují, že z dosavadních poznatků z rozborů půd a různých částí dřevin se potvrdilo, že hlavním a rozhodujícím kritériem pro exaktní stanovení míry poškození stromů, které se nacházejí kolem solených komunikací, je obsah chlóru (Cl<sup>-</sup>) v rostlinných orgánech. Pokud je 1000 mg Na<sup>+</sup> v 1 l půdy, tak se nachází v listech 2,0 % Cl<sup>-</sup>. Při této koncentraci dochází k silnému poškození dřevin. Rostliny jsou zdravé a nepoškozené pokud je 100 mg Na<sup>+</sup> v 1 l půdy. V listech se při této koncentraci nachází 0,5 % Cl<sup>-</sup>.

Během vlivu solí v půdě se kořeny méně vyvíjejí a vznikají nekrózy, které kořen poškodí na lokálních místech a následně část kořene vedou k uhynutí. Spolu s kořenovým systémem je negativně ovlivněna i nadzemní část rostliny. Jako projev poškození nadbytkem soli se považuje opožděné rašení pupenů a také tvorba zakrnělých letorostů. Dospělí jedinci oproti mladým jednotlivcům a semenáčkům jsou mnohem odolnější vůči zasolení. Mladé rostliny, které mají povrchově rozprostřené kořeny, jsou více ohrožené, protože jejich kořeny jsou vystaveny vyšší koncentraci soli, která se nachází ve svrchní vrstvě půdního horizontu. Listy nedorůstají správných velikostí (zůstávají malé). Vlivem odumření skupin buněk vznikají nekrózy, které jsou nejvíce patrné na pupenech, vzrostlých vrcholech a na okrajích listů. Většina rostlin hromadí soli v listech a následně je pomocí sekrece vylučuje na povrch těla. Listy během vegetačního období žloutnou a usychají, nakonec mohou uhynout i celé části prýtů (Bláha et al., 2003). Zasychání listů probíhá ve směru od okrajů do středů listů (Uhlířová et al., 2004).

V běžně zasolených lokalitách může dojít u rostlin ke zvýšené tvorbě reaktivních forem kyslíku (dále pouze ROS z anglického Reactive Oxygen Species) a k inhibici výkonu fotosyntézy. Salinita půdy dosahuje nejvyšší hodnoty v teplých a relativně suchých obdobích. V tomto období má půda nízký vodní potenciál, a to jako důsledek vysoké slanosti či špatné dostupnosti vody. Následkem toho dochází ke snížení činnosti průduchů. Slané stanoviště se vyznačuje vysokou intenzitou světla. V kombinaci se sníženou činností průduchů dochází k produkci ROS v chloroplastu a mitochondriích. Toto zvýšení ROS se vyskytuje u všech rostlinných druhů, které se nacházejí na slaném stanovišti. (Smirnov, 1993 in Orcutt, Nielsen 2000).

#### 4.4.1.2 Odolnost rostlin vůči zasolení

Podle Bláhy et al. (2003) odolnost rostlin znamená snášenlivost rostlin vůči přítomnosti vyšší koncentrace solí, bez narušení jejich životních funkcí. Tato odolnost vůči zasolení je druhově specifická. Druhy rostlin snášející zasolené půdy nazýváme halofytní. Rostliny, které snesou vyšší koncentrace solí a zároveň soli pro svůj růst a vývoj vyžadují, se nazývají obligátně halofytní (obligátně slanobytné). Příkladem jsou dřeviny mangrovových porostů nebo zblochanec oddálený (*Puccinellia distans*). Jedná se o dva typy rostliny. U prvních dokáže plazmatická membrána dokonale selektovat ionty a u druhých jde o proces ukládání solí do apoplastu a vakuol. Vysoký osmotický tlak vakuolární šťávy musí být vyrovnáván osmoticky aktivními látkami v cytosolu, převážně se jedná o sacharidy a prolin.

Autoři dále uvádějí, že rostliny, které nesnášejí vyšší koncentrace solí v půdě, se nazývají halofóbní (slanostřezné). Skupina rostlin je velice rozsáhlá a jako příklad lze uvést mrkev (*Daucus carota*), květák (*Brassica oleraceae var. botrytis*), listnaté dřeviny mírného pásma a rostliny z čeledi bobovitých (*Fabaceae*) a vřesovcovitých (*Ericaceae*).

Soukup, Horký (1981) uvedli, že se rostliny dají dělit i podle citlivosti vůči soli. Dělí se na velmi citlivé, středně citlivé a poměrně odolné. Mezi rostliny, které se řadí do skupiny velmi citlivých, patří lípa srdčitá (*Tilia cordata*), javor mléč (*Acer platanoides*), jírovec maďal (*Aesculus hippocastanum*), líska turecká (*Corylus colurna*) a jilm vaz (*Ulmus laevis*). Do další skupiny středně citlivých stromů se řadí jasan ztepilý (*Fraxinus excelsior*), jeřáb obecný (*Sorbus aucuparia*), platan javorolistý (*Platanus acerifolia*), hloh obecný (*Crataegus laevigata*), topol černý (*Populus nigra*), dub velkoplodý (*Quercus macrocarpa*) a hrušeň obecná (*Pyrus communis*). Mezi poměrně odolné rostliny patří jerlín japonský (*Sophora japonica*), pajasan žláznatý (*Ailanthus altissima*), topol Simonův (*Populus simonii*), višeň obecná (*Prunus cerasus*) a mahalebka obecná (*Prunus mahaleb*). Jako vůbec nejodolnější se jeví trnovník akát (*Robinia pseudoacacia*).

Autoři dále uvádějí, že k odolným dřevinám patří převážně druhy, které pocházejí ze sušších a teplejších krajín. Zde jsou v suchých letních údobích vynášeny transpiračními proudy vody sole do povrchových vrstev půdy. Proto stromy byly přinuceny k vytvoření selektivní schopnosti v příjmu živin.

#### 4.4.1.3 Posypová sůl

Posypová sůl k úpravě vozovek v zimě se u nás využívá od šedesátých let minulého století. Spolu s ní se také užívá chlorid draselný (KCl), chlorid vápenatý (CaCl<sub>2</sub>) a řada dalších látek, které mají schopnost zabránit tvoření náledí a přimrzání sněhu k vozovce. Oproti všem dosud uplatňovaným látkám má chlorid sodný (NaCl) několik výrazných výhod, které mu dosud zajišťují pozici nejužívanějšího prostředku. Jedná se především o jeho levnost, dostupnost a účinnost (Soukup, Horký, 1981).

Následkem kontaminace půdy posypovou solí je zvýšení pH půdy, snížení obsahu minerálních látek v půdě (především vápníku, hořčíku a draslíku) a jejich vyplavení z půdního roztoku za doprovodu chloru a zhoršení půdní struktury (Málek et al., 2012).

Podle těchto autorů, pokud použijeme takové taxony stromů, které nejsou odolné vůči nepřímým a přímým účinkům posypové soli, jedná se především o javor červený (*Acer rubrum*), javor cukrový (*Acer saccharum*), temnoplodec černý (*Aronia melanocarpa*), habr obecný (*Carpinus betulus*), kaštanovník setý (*Castanea sativa*), katalpu trubačovitou (*Catalpa bignonioides*), dřín obecný (*Cornus mas*), lísku tureckou (*Corylus colurna*), buk lesní (*Fagus sylvatica*), myrobalán třešňový (*Prunus cerasifera*), jeřáb ptačí (*Sorbus aucuparia*), lípu srdčitou (*Tilia cordata*), jilm horský (*Ulmus glabra*), borovici vejmutovku (*Pinus strobus*) a tis červený (*Taxus baccata*), lze aplikovat následná opatření:

Dodržení směrnic (příloha č. 7 k vyhlášce 104/97 Sb.) při vlastní aplikaci posypové soli (správné dávky a aplikace) nebo použití jiné posypové látky.

Zabránění vlastnímu průniku látek ke stromům, např. vyvýšenými závlahovými mísami, dočasnými zábranami, odvodnění komunikací a chodníků.

Na jaře prolít substrát vodou nebo vyměnit vrchní vrstvy půdy.

Zajistit dostatečné provětrání půdy, dostatek vody, minerálních látek a zlepšení pH.

#### 4.4.2 Sucho

Bláha et al. (2003) uvádějí, že nedostatek vody (vodní stres) způsobuje zpomalení růstu rostliny a snížení aktivity všech enzymů v rostlině. Proto je považován za nejvíce limitující stresor pro rostliny. Jako nejčastěji se vyskytující příčinu nedostupnosti vody pro rostliny lze považovat klimatické poměry a průběh počasí. Půdní reakce a obsah solí a živin v půdě rovněž ovlivňují příjem vody v rostlině. Mezi další faktory ovlivňující vodní stres v rostlině patří zasolení.

Autoři dále konstatují, že v době působení vodního stresu dochází v první řadě ke zpomalení růstu a snížení fotosyntézy. Důležitou funkcí vody je udržování turgidity. Hlavní úlohou turgoru v rostlině je zajištění růstu a prodlužování buněk. Mezi další důležité role turgoru patří otevírání a zavírání průduchů a pohyb listů a květních obalů. Je známo, že při procesu snižování turgoru nejprve dochází k redukci prodlužování listů a následně pak k redukci fotosyntézy. Fotosyntéza je tedy méně citlivá na snižování turgoru než růst.

Nielsen, Orcutt (1996) publikovali, že uzavření průduchů je jedním z prvních projevů vodního omezení. Tento proces způsobí vyčerpání oxidu uhličitého ( $\text{CO}_2$ ) v mezibuněčném prostoru. Jev se označuje jako průduchová inhibice fotosyntézy. Průduchy se mohou zavřít z důvodu kořenového signálu nebo z důvodu nízkého turgoru. K uzavření průduchů dochází i tehdy, pokud se zvyšuje tlakový parní gradient mezi listem a vzduchem. Tento jev však nemusí být vždy spojen se změnou vodního potenciálu.

Nielsen, Orcutt (1996) dále uvádějí, že kritický vodní potenciál pro inhibici růstu buněk se liší jak mezi orgány rostliny, tak i mezi jednotlivými druhy. Jako příklad lze uvést změnu vodního potenciálu u slunečnice (*Helianthus annuus*) z  $-0,2$  MPa na  $-0,4$  MPa, při kterém dojde k zastavení pohybu listů. Práh vodního potenciálu pro pohyb listů je u každého druhu rostliny odlišný. Například kukuřice (*Zea mays*) má tuto hranici na  $-0,7$  MPa a sója (*Glycine max*) na  $-1,2$  MPa.

Výsledkem změn, které jsou vyvolané nedostatkem vody, je nejprve narušení buněčných funkcí, poté se objevují poruchy životních funkcí rostlin a jako poslední jsou poškozeny protoplazmatické struktury (zvláště se jedná o biomembrány) (Larcher, 2003).

#### 4.4.2.1 Přístupnost vody pro rostliny z půdy

Množství vody, které je přístupné pro kořeny rostlin z půdy, je dáno půdními charakteristikami. Nejdůležitějšími jsou zrnitost a půdní struktura. Písčité půdy umožňují rostlině odčerpat téměř všechnu vodu, jelikož obsah pevně vázané vody v půdě činí 2 – 4 objemová %. Oproti tomu jílovité půdy si za stejných podmínek udrží kolem 30 objemových % vody, která jsou dále pro rostlinu nepřístupná (Čermák et al., 1986 in Kolařík et al., 2003).

Hodnoty vlhkosti půdy, které byly dosaženy za určitých podmínek a jsou definovány pro určité vlhkostní potenciály, se nazývají hydrolimity. Do hydrolimitů se řadí například polní vodní kapacita, bod snížené dostupnosti či bod trvalého vadnutí (Štekauerová et al., 2002).

Při nedostatku přístupné vody z půdy pro rostliny může dojít až k trvalému a nevratnému vadnutí. Hladina dostupné vody pro rostliny v půdě, při které dochází k tomuto jevu, se nazývá bod trvalého vadnutí. V průběhu tohoto procesu dochází v rostlině k hlubokým a trvalým škodlivým změnám. Především se jedná o akumulaci toxických látek, změny růstu a postupné odumírání (Kolařík et al., 2005).

#### 4.4.2.2 Odolnost rostlin vůči suchu

Odolnost rostlin vůči suchu je chápána jako schopnost rostliny přežít jakýmkoli způsobem období sucha. Tato schopnost je komplexní vlastností. Naděje rostliny na přežití pod extrémní zátěží způsobené suchem stoupají, čím déle je rostlina schopna zdržet nebezpečné snížení vodního potenciálu protoplazmy a čím více může protoplazma vyschnout bez poškození. Tyto schopnosti se dají také pojmenovat jako schopnosti oddálení a snášení vysoušení. Cévnaté rostliny mají nízkou hranici snášenlivosti, a proto rozdíly v odolnosti oproti suchu jsou u nich dány v první řadě rozdílnou schopností vyhnout se vysoušení (Larcher, 2003).

V případě, že má rostlina vysokou odolnost k vyschnutí a dojde k vysoušení orgánů, je známo, že všechny vyschlé orgány vykazují minimální metabolickou aktivitu. V průběhu vysychání dochází ke strukturálním změnám, a to například k minimalizaci vakuol a obsahu škrobu, ke zvýšenému množství mitochondrií a k tvorbě zvláštních pochev kolem organel (Bláha et al., 2003).

### 4.4.3 Ozon

Novotný et al. (2009) uvádějí, že molekula ozonu se skládá ze tří atomů kyslíku. Tato molekula vznikne při působení atomárního kyslíku na molekulární kyslík. Jedná se však o molekulu nestabilní, a proto se snadno rozpadá zpět na molekulu kyslíku a atomární kyslík. Molekula ozonu má díky přítomnosti atomárního kyslíku velmi silné oxidační účinky. Řadí se tak mezi jedny z nejsilnějších oxidačních činidel.

Velká část atmosférického ozonu, která činí přibližně 90 %, se nachází ve výšce 12 – 50 km nad zemským povrchem. Jedná se o vrstvu zvanou stratosféra. Nejvíce koncentrovaný je ve výškách 20 – 30 km nad zemským povrchem. Tato vrstva se nazývá ozonosféra. V této vrstvě hraje ozon důležitou roli. Dochází zde k pohlcování nebezpečného ultrafialového záření, a tím nedochází k jeho průniku na zemský povrch. Úbytek ozonu ve stratosféře, který vede až ke vzniku ozonové díry nad polárními oblastmi, je tedy negativním a nežádoucím jevem. Zbylá část ozonu se nachází v troposféře, což je přízemní vrstva atmosféry. Tuto část ozonu nazýváme přízemním ozonem. V místě výskytu zvýšené koncentrace může docházet k nepříznivému působení na různé materiály (kůže, textilie, gumy, nátěrové hmoty apod.) i na živé organizmy (Schülerduden 1998, Sharp 1990 in Novotný et al., 2009). Koncentrace přízemního ozonu je v každém roce jiná důsledkem působení různých meteorologických podmínek v jednotlivých letech (Hůnová et al., 2011).

Přízemní ozon vzniká fotochemickými reakcemi v atmosféře se spolupůsobením ultrafialového záření ( $\lambda \approx 280 - 430$  nm). Sloučeniny, jež se podílejí na vzniku přízemního ozonu, jsou oxidy dusíku ( $\text{NO}_x$ ), oxid uhelnatý (CO), metan ( $\text{CH}_4$ ) a těkavé organické látky (VOC – Volatile Organic Compounds), které pocházejí z antropogenních i přirozených zdrojů. Dále pak se podílejí na vzniku přízemního ozonu aerosoly minerálních či ropných olejů, zejména nenasycených, které umožní vznik peroxyradikálů (látky, které oxidují oxid dusnatý na oxid dusičitý). Na reakcích se podílí celá řada dalších složek v atmosféře. Klíčovou roli však hraje volný hydroxylový radikál  $\text{OH}\cdot$ . Ozon je nejdůležitějším plynem, který se účastní fotochemických reakcí v atmosféře (Colbeck, Mackenzie 1994, Seinfeld 1996, Warneck 1988 in Novotný et al., 2009).

#### 4.4.3.1 Odolnost rostlin vůči ozonu

Novotný et al. (2009) uvádí, že odolnost rostlin vůči ozonu je chápána jako citlivost rostlin k působení ozonu. Obecně lze konstatovat, že listnaté dřeviny jsou vůči ozonu citlivější než dřeviny jehličnaté. Mezi dřeviny citlivé patří břízy (*Betula* sp.), buky (*Fagus* sp.), jasany (*Fraxinus* sp.), javor klen (*Acer pseudoplatanus*), olše (*Alnus* sp.), střemcha pozdní (*Prunus serotina*) a topoly (*Populus* sp.). Günthardt – Goerg et al. (2000) in Novotný et al. (2009) uvedli, že za relativně odolné listnáče považují habry (*Carpinus* sp.), jasany (*Fraxinus* sp.) a jeřáby (*Sorbus* sp.), za citlivou jehličnatou dřevinu borovici kleč (*Pinus mugo*).

Vlivem působení přízemního ozonu dochází ke snížení celkové odolnosti rostlin vůči dalším nepříznivým faktorům. Je to následek uvolnění velké části fotosyntetické produkce k procesu odstraňování oxidativního stresu, který ozon vyvolává (Jones et al., 2004 in Novotný et al., 2009).

#### 4.4.3.2 Ozon v rostlině

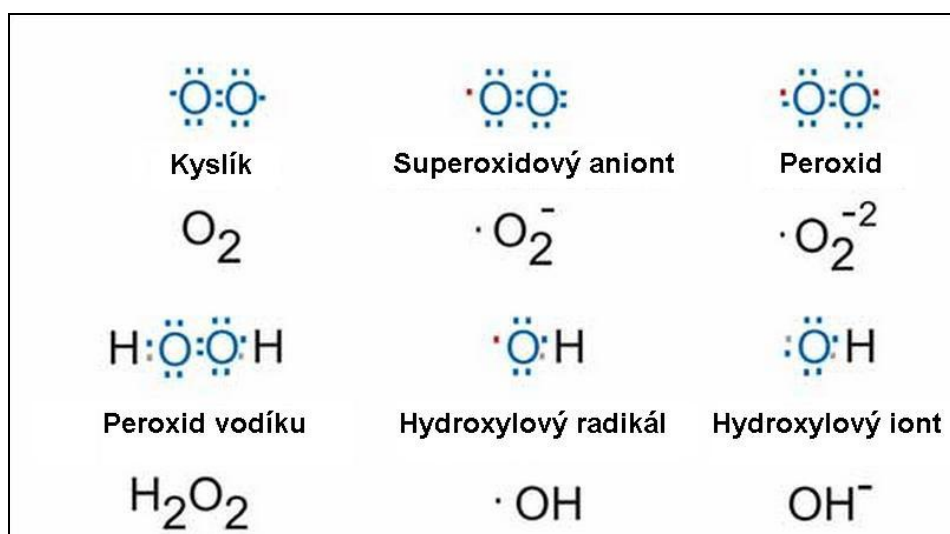
Ozon se do rostliny dostává průnikem skrze průduchy. V mezibuněčných prostorech se při kontaktu s vlhkými buněčnými stěnami velmi rychle rozkládá. Tímto procesem dochází k poškození buněčných membrán, a tím i k narušení metabolismu buněk. Jedním z hlavních škodlivých efektů ozonu je zpomalení fotosyntézy, ke kterému dochází přímým snižováním aktivity enzymů fixujících oxid uhličitý. Snižováním aktivity těchto enzymů se rovněž snižuje obsah chlorofylů (Uhlířová et al., 2003).

Při rozkladu ozonu vzniká nejenom kyslík, ale i vysoce reaktivní superoxid a hydroxylový radikál. Superoxid a hydroxylový radikál jsou pomocí přeměny v buněčné stěně částečně zneškodněny. Dochází zde k přeměně na peroxid vodíku a následně vodu. Některé však pronikají až do buňky, kde jsou deaktivovány řadou metabolických cest. Když je koncentrace ozonu vysoká a má dlouhodobější charakter působení, nejsou obranné mechanismy buňky dostatečně silné. Začne docházet k poškození endomembránového systému, do kterého se řadí Golgiho aparát, endoplazmatické retikulum a organely (např. chloroplasty) (Bláha et al., 2003).

Superoxid a hydroxylový radikál (Obr. 4.8) se řadí do reaktivních forem kyslíku (ROS, reactive oxygen species). ROS jsou částečně redukováné nebo aktivované sloučeniny odvozené od molekulárního kyslíku. Vznikají za aerobních podmínek ve všech typech organismů jako součást normálního buněčného metabolismu. ROS mají důležitou signální

úlohu v průběhu rostlinného vývoje a hrají klíčovou roli v regulaci růstu rostlinných buněk ve spojení s jejich účinkem na elasticitu buněčné stěny. Působení ozonu přispívá ke zvýšení produkce ROS a tím i k rozvoji oxidativního stresu, při kterém dochází k intenzivní reakci ROS s buněčnými složkami zahrnující proteiny, lipidy a nukleové kyseliny (Desikan et al., 2005).

Oxidativní stres, který vzniká při působení ozonu, způsobí v rostlině předčasné stárnutí listů. Dochází k jejich předčasné senescenci a opadu. Tento proces se děje v době, kdy tomu průběh vegetační doby a meteorologické podmínky neodpovídají (Novotný et al., 2009).



Obr. 4.8: Reaktivní formy kyslíku

(30. 11. 2013, <http://www.biotek.com/resources/articles/reactive-oxygen-species.html>)

#### 4.4.3.3 Symptomy poškození ozonem

Viditelné poškození ozonem je obvykle první známkou přítomnosti fytotoxické úrovně koncentrace ozonu (Hůnová et al., 2011). Poškození rostlin ozonem se vizuálně projevuje v první řadě změnami zbarvení asimilačních orgánů. Mohou se také vytvořit nekrózy na listové ploše. Viditelné příznaky negativního působení ozonu jsou na listech patrné zpravidla řádově za několik týdnů až měsíců po příjmu ozonu rostlinou. Tyto symptomy jsou označeny jako symptomy vyvolané chronickým působením ozonu. Zcela ojediněle může dojít k akutnímu poškození, pak trvá rozvoj symptomů řádově několik hodin až dnů po expozici ozonu (Novotný et al., 2009).

Podle těchto autorů mají listnaté dřeviny vizuální symptomy poškození nejčastěji v podobě nepravidelných skvrn a teček. Jedná se o tečky s chlorotickým, červeným nebo červenohnědým, hnědým nebo až téměř černým zbarvením. Mezi další symptomy se řadí



bronzové zbarvení listů. Pro poškození listnatých dřevin je charakteristické zasažení pouze interveniálních, mezižilních ploch (Obr. 4.9). Žilnatina bývá zasažena zcela výjimečně. Jako první se poškození projeví na středně starých a starých listech. Následně pak i na listech mladších.

Symptomy jsou zpočátku patrné jen na svrchní, osluněné straně listu (Obr. 4.10). Až ke konci vegetačního období při vysokých koncentracích ozonu, mohou být příznaky vidět i na spodní straně listů. Vzniká také efekt, kdy na osluněných listech zůstanou zelené nepoškozené části, pokud jsou zakryty jinými listy. Tento jev nazýváme stínový efekt (Obr. 4.11) (Novotný et al., 2009).

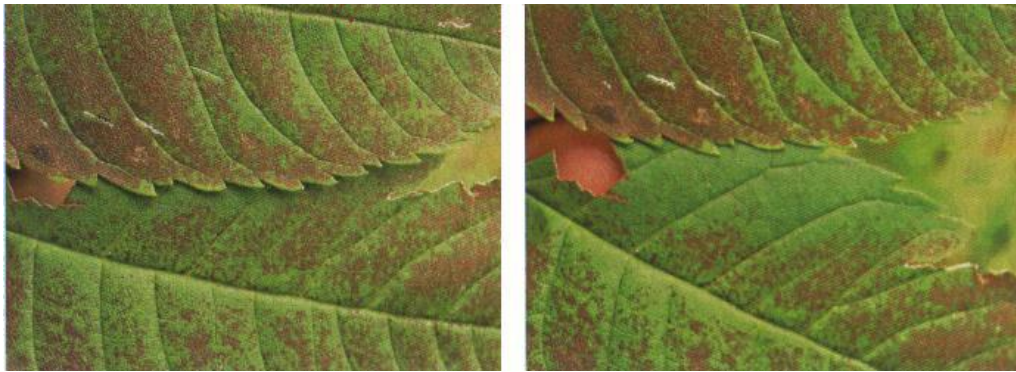
Autoři dále uvádějí, že jehličnaté dřeviny mají na jehlicích patrné bezbarvé až žluté nebo zelenožluté bodové chlorózy, které mají často nepravidelný tvar a jsou bez ostrého ohraničení (Obr. 4.12). Na starších jehlicích se vyskytují symptomy ve větším množství. Při intenzivním nebo dlouhodobém působení mohou bodové chlorózy přecházet až do plošek nekrotických na jehlicích.



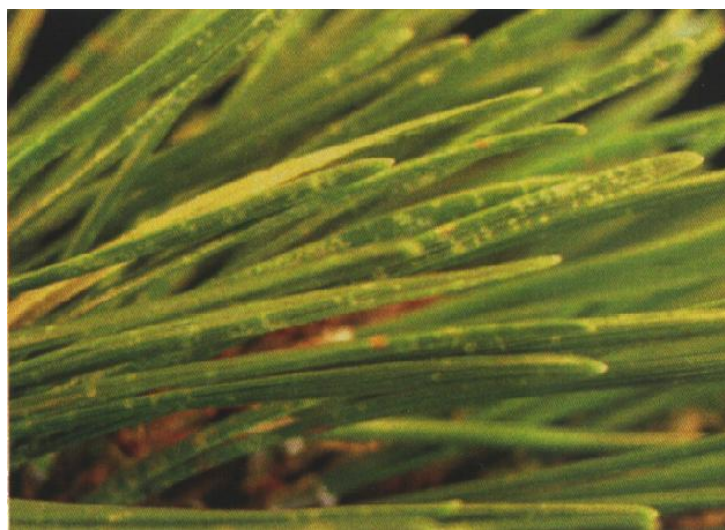
**Obr. 4.9: Poškození vyvolané působením přízemního ozonu nezasahující listovou žilnatinu u bezu černého (*Sambucus nigra*), Chlumeck nad Cidlinou, 2004 (Novotný et al., 2009)**



**Obr. 4.10: Poškození se viditelně projevuje na svrchní straně listů, spodní strana zůstává bez symptomů. Habr obecný (*Carpinus betulus*), Slovinsko – Trnový les, srpen 2007 (Novotný et al., 2009)**



**Obr. 4.11: Stínový efekt. Jasan sp. (*Fraxinus* sp.), Slovinsko – Trnový les, srpen 2007 (Novotný et al., 2009)**



**Obr. 4.12: Detail poškození staršího jehličí borovice kleč (*Pinus mugo*), Jeseníky – Lysá hora, září 2007 (Novotný et al., 2009)**

## 4.5 Legislativní opatření v péči o zeleň a životní prostředí

Primárním zákonem v péči o zeleň a životní prostředí je zákon 114/1992 Sb., O ochraně přírody a krajiny. Je třeba se jím řídit a respektovat jeho nařízení i v případě realizace a úpravy vegetace vyskytující se podél silničních komunikací.

Účelem zákona je za účasti příslušných krajů, obcí, vlastníků a správců pozemků přispět k udržení a obnově přírodní rovnováhy v krajině, k ochraně rozmanitostí forem života, přírodních hodnot a krás, k šetrnému hospodaření s přírodními zdroji a vytvořit v souladu s právem evropských společenství v České republice soustavu Natura 2000. Přitom je nutno zohlednit hospodářské, sociální a kulturní potřeby obyvatel a regionální a místní poměry.

Ochranou přírody a krajiny se podle tohoto zákona dále rozumí vymezená péče státu a fyzických i právnických osob o volně žijící živočichy, planě rostoucí rostliny a jejich společenstva, o nerosty, horniny, paleontologické nálezy a geologické celky, péče o ekologické systémy a krajinné celky, jakož i péče o vzhled a přístupnost krajiny.

Natura 2000 je celistvá evropská soustava území se stanoveným stupněm ochrany, která umožňuje zachovat typy evropských stanovišť a stanoviště evropsky významných druhů v jejich přirozeném areálu rozšíření ve stavu příznivém z hlediska ochrany nebo popřípadě umožní tento stav obnovit. Na území České republiky je Natura 2000 tvořena vymezenými ptačími oblastmi a vyhlášenými evropsky významnými lokalitami.

Jako další regulaci při návrhu a úpravě zeleně podél komunikací je třeba respektovat technické podmínky Ministerstva dopravy ČR. Jejich výčet nalezneme ve sborníku technických řešení staveb a jejich částí S6 Vybavení a příslušenství silnic, který je vydán Ministerstvem vnitra a životního prostředí ČSR roku 1989. Ačkoli se jedná o vydání staršího data, je sborník stále respektován při realizaci či úpravě silniční zeleně.

V ČSN 736110 se uvádí, že při návrhu prostoru místní komunikace hraje komunikační zeleň mimořádnou úlohu zejména v území zastavěném a zastavitelném, kde spoluutváří veřejný uliční prostor, působí na zklidňování dopravy. Výsadbu stromů, keřů a zatravnění je nutno navrhovat zejména s přihlédnutím na bezpečnost provozu, se zřetelem k jejímu estetickému významu a ke zlepšení životního prostředí přilehlé zástavby. Musí být přihlédnuto i k možnostem snadného provádění následné údržby. Vhodné rozmístění a výsadba komunikační zeleně přispívá ke zvýšení bezpečnosti provozu zklidněním dopravy. Jedná se především o stromy na středních a postranních dělících pásech, na vysazených chodníkových plochách u parkovacích zálivů, které vytvářejí aleje a působí psychologicky

příznivě, a dále stromy na vysazených chodníkových plochách a na ochranných ostrůvcích, které upozorňují řidiče na existenci a funkci těchto zařízení. Vzrostlá zeleň nesmí zasahovat do průchozího prostoru komunikace, zejména nesmí omezit volný průchod zrakově postižených při využívání přirozených a umělých vodících linií.

## 5 Metodika

Na zájmovém území se zjišťovalo, jak se vysazené rostliny adaptují na zhoršené podmínky způsobené automobilovou dopravou ve městech. Především byl kladen důraz na symptomy zvýšené koncentrace soli, ozonu a působení sucha. K získání potřebných dat byl využit pás zeleně, který se nachází v prostoru mezi rychlostní komunikací a běžnou městskou komunikací.

### 5.1 Popis zájmového území

Zkoumaný úsek se nachází v Praze městské části Stodůlky u Rozvadovské spojky (Obr. 5.1). Jedná se o území od 50°3'14.769"N, 14°18'58.457"E do 50°3'12.823"N, 14°18'36.157"E v GPS. Úsek má rozlohu cca 17 000 m<sup>2</sup>. Na vysazených dřevinách budou sledovány projevy zvýšené salinity, nedostatku vláhy a zvýšené koncentrace přízemního ozonu.



Obr. 5.1: Satelitní snímek s vyznačeným územím (24. 6. 2013, [www.mapy.cz](http://www.mapy.cz))

## **5.2 Půdně klimatické charakteristiky dané lokality**

Níže uvedená charakteristika byla zjištěna z kódu BPEJ, který má podobu 2.30.11. Kód patří k parcele s číslem 1054/2, která se nachází v nadmořské výšce 370 m. Charakteristiky BPEJ jsou stanoveny vyhláškou Ministerstva zemědělství č. 327/1998. Hodnoty dále uvedeny jsou dle znění vyhlášky platného k 31. 8. 2005.

BPEJ je charakterizována klimatickým regionem, hlavní půdní jednotkou, sklonitostí a expozicí, skeletovitostí a hloubkou půdy, jež specifikují hlavní půdní a klimatické podmínky hodnoceného pozemku.

Zkoumaná lokalita spadá do teplé klimatické oblasti a do mírně suché podoblasti. Průměrná roční teplota je 8 – 9 °C a průměrný roční úhrn srážek je 500 – 600 mm. Dále dle BPEJ bylo zjištěno, že parcela se nachází na území kambizemě eubazické až mezobazické na svahovinách sedimentárních hornin – pískovce, permokarbon, flyš, středně těžké lehčí, až středně skeletovité, vláhově příznivé až sušší. Pozemek se nachází na rovině. Půda je kolem 60 cm hluboká a je bezskeletovitá až slabě skeletovitá s obsahem skeletu do 25 %.

## **5.3 Inventarizace rodů a druhů dřevin na zájmovém území**

Během vegetačního období roku 2013 se uskutečnila tři vegetační pozorování, a to v měsících od července do září, kdy se uskutečnila základní inventarizace rostlin rostoucích na zájmovém území, včetně taxonomické klasifikace podle Hurycha (2003). Na základě inventarizace byl vytvořen plánec se zakreslením jednotlivých taxonů.

V rámci vegetačních pozorování na zájmovém území byl dále sledován zdravotní stav rostlin. Ten byl sledován na základě vizuálních projevů vlivů především abiotických stresorů, které jsou zdokumentovány na základě fotodokumentace. Fotodokumentace byla pořízena v období července, srpna a září fotoaparátem značky Panasonic typu DMC-TZ3 Lumix.

## **5.4 Fyziologická vitalita dřevin**

Fyziologickou vitalitu organismu (podobně jako ekologickou stabilitu ekosystémů) chápeme jako schopnost organismu kompenzovat vnější a vnitřní vlivy bez výrazného a trvalého narušení funkčnosti jeho jednotlivých složek (Čaboun, 1990).

Projevem vitality je například stupeň olistnění, případně defoliace (odlistnění). Rozumí se jí ztráta asimilačního aparátu v porovnání s pomyslnou představou relativně zdravého jedince, který roste ve stejných stanovištních podmínkách (Uhlířová et al., 1996).

Dlouhodobý průběh vitality stromu se projevuje nejvýrazněji v malformacích větvení vrcholového výhonu (Roloff, Baertels, 1996).

Jako další parametr fyziologické vitality je možné evidovat prosychání koruny. U této charakteristiky je velmi důležité správně interpretovat, která část koruny prosychá a z jakého důvodu. Hodnotí se především vrcholová část koruny a její obvodový plášť. Dalšími parametry jsou například dynamika vývoje kalusu v okolí poranění, schopnost vytváření reakčního dřeva v místech evidentních špiček napětí (kořenové náběhy, nasazení větvení) apod. (Kolařík et al., 2005).

Kolařík et al. (2005) dále uvádí, že absolutní hodnotu vitality včetně jejího vlivu na perspektivu jedince je v podstatě možné spolehlivě stanovit až po několikaletém pozorování.

Vytvořená stupnice pro hodnocení fyziologické vitality dle Agentury ochrany přírody a krajiny:

- 0 – Výborná,
- 1 – Mírně narušená,
- 2 – Zřetelně narušená (stagnace růstu, prosychání koruny na periferních oblastech koruny),
- 3 – Výrazně snižená (začínající ústup koruny, odumřelý vrchol koruny),
- 4 – Zbytková vitalita (větší část koruny odumřelá),
- 5 – Odumření.

## 5.5 Dendrometrická měření

Mezi běžné dendrometrické údaje patří dimenze kmene, výška dřeviny či objem koruny. Jako základní charakteristika se parametry kmene stromů měří podle lesnických standardů v tzv. prsní neboli výčetní výšce, tedy v úrovni 130 cm nad zemí. Výška dřeviny je definována jako vzdálenost mezi bází kmene a vrcholem koruny. Na rozdíl od měření kmene je zjišťování výšky mnohem problematičtější a v naprosté většině případů je nutné využívání nepřímých metod měření. Často se proto jen odhaduje (Kolařík et al., 2005).

Pro zjištění velikosti plochy zastíněné korunou stromu a pro možnost rámcového usuzování na rozšíření kořenového systému se často měří i průmět koruny. Hodnota se většinou uvádí jako aritmetický průměr dvou na sebe kolmých měření (Kolařík et al., 2005).

Z důvodu špatné dostupnosti dřevin, které se vyskytují na zkoumaném území (neposekaná tráva, hluboký příkop, odhozený odpad, náletové dřeviny) bylo provedeno pouze měření výšky. To bylo provedeno odhadem s přesností  $\pm 0,5$  m.



## 6 Výsledky

### 6.1 Zastoupení rostlinných druhů a jejich vhodnost

Na zájmovém území bylo zjištěno 42 ks jedinců, kteří z taxonomického hlediska jsou řazeny do 8 čeledí. Na sledovaném území převažují listnaté dřeviny a to v zastoupení 97,6 % a v minimu se vyskytují jehličnany v zastoupení 2,4 %.

Z inventarizačních tabulek, které se nacházejí v příloze číslo 3 a 4, je známo, že zastoupení rostlinných druhů na zájmovém území je následující: *Acer platanoides* (1 jedinec), *Betula pendula* (7 jedinců), *Cornus alba* (1 jedinec), *Crataegus laevigata* (1 jedinec), *Juglans regia* (5 jedinců), *Laburnum anagyroides* (1 jedinec), *Malus* sp. (7 jedinců), *Pinus sylvestris* (1 jedinec), *Prunus domestica* (3 jedinci), *Prunus domestica syriaca* (1 jedinec), *Prunus* sp. (2 jedinci), *Robinia pseudoacacia* (6 jedinců), *Rosa* sp. (4 jedinci), *Salix alba* (1 jedinec), *Salix* sp. (1 jedinec).

Z výpočtu průměrné fyziologické vitality jednotlivých rostlinných druhů (Tab. 6.1) je patrné, že z uvedených rostlinných druhů jsou na dané stanoviště vhodné *Salix* sp. s průměrnou fyziologickou vitalitou 1 a *Prunus domestica*, jejíž průměrná hodnota fyziologické vitality je 1,7. Ostatní rostlinné druhy na stanovišti nejsou vhodné k výsadbě podél silničních komunikací. Jejich průměrná fyziologická vitalita se pohybuje od 2 do 4, což znamená rozmezí od zřetelného narušení rostliny až po její zbytkovou vitalitu. Nejméně vhodný rostlinný druh je *Laburnum anagyroides* s hodnotou fyziologické vitality 4.

Rostlinný druh	Počet jedinců	Fyziologická vitalita (průměrná)
<i>Acer platanoides</i>	1	2
<i>Betula pendula</i>	7	2
<i>Cornus alba</i>	1	3
<i>Crataegus laevigata</i>	1	2
<i>Juglans regia</i>	5	2,2
<i>Laburnum anagyroides</i>	1	4
<i>Malus sp.</i>	7	2
<i>Pinus sylvestris</i>	1	2
<i>Prunus domestica</i>	3	1,7
<i>Prunus domestica syriaca</i>	1	2
<i>Prunus sp.</i>	2	3,5
<i>Robinia pseudoacacia</i>	6	2,5
<i>Rosa sp.</i>	4	3,25
<i>Salix alba</i>	1	3
<i>Salix sp.</i>	1	1

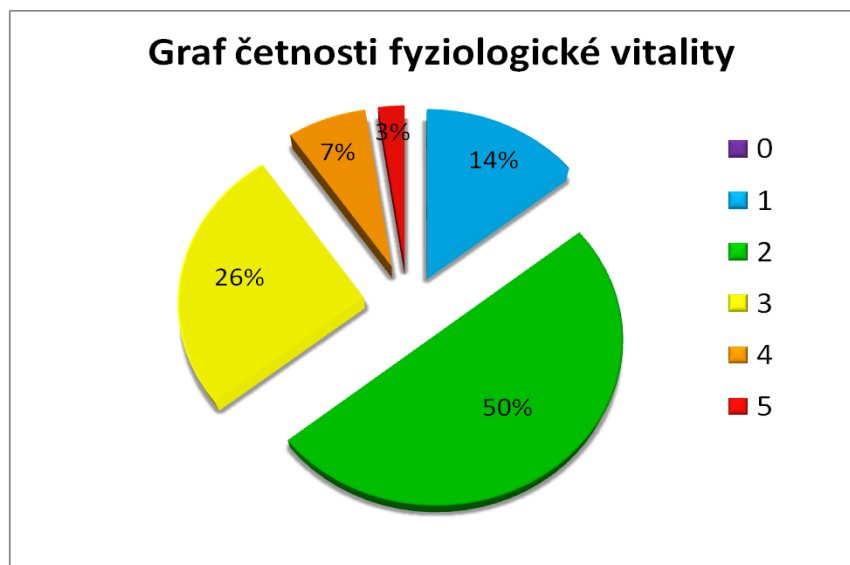
**Tab. 6.1: Počet jedinců jednotlivých druhů a výpočet průměrné fyziologické vitality zastoupených druhů.**

## 6.2 Fyziologická vitalita

Na zkoumaném území bylo provedeno dendrometrické měření u 42 jedinců. Ke stanovení fyziologické vitality byla použita metoda Agentury ochrany přírody a krajiny. Na základě stanovení fyziologické vitality bylo zjištěno, že na daném území se nejvíce vykytují jedinci se zřetelně narušenou vitalitou, kteří mají podíl 50 % v daném porostu (Obr. 6.1). Jedná se o zástupce druhů *Acer platanoides* (1 jedinec), *Betula pendula* (3 jedinci), *Crataegus laevigata* (1 jedinec), *Juglans regia* (4 jedinci), *Malus sp.* (7 jedinců), (Obr. 6.9, Obr. 6.10), *Pinus sylvestris* (1 jedinec), (Obr. 6.11, Obr. 6.12), *Prunus domestica* (2 jedinci), *Prunus domestica syriaca* (1 jedinec) a *Robinia pseudoacacia* (1 jedinec), (Obr. 6.8).

Dále následují jedinci s výrazně sníženou vitalitou. Četnost výskytu této skupiny rostlin byla 26 %. Do této skupiny lze zařadit zástupce rodu *Cornus alba* (1 jedinec), (Obr. 6.13), *Juglans regia* (1 jedinec), *Prunus sp.* (1 jedinec), (Obr. 6.7), *Robinia pseudoacacia* (4 jedinci), *Rosa sp.* (3 jedinci), (Obr. 6.14) a *Salix alba* (1 jedinec). Na zájmovém území se dále vyskytovali jedinci s mírně narušenou vitalitou (14 %), a to zástupci druhů *Betula pendula* (3 jedinci), (Obr. 6.3, Obr. 6.4), *Prunus domestica* (1 jedinec), *Robinia pseudoacacia* (1 jedinec), (Obr. 6.5, Obr. 6.6) a *Salix sp.* (1 jedinec). Dále se na území vyskytovali jedinci se zbytkovou vitalitou (7 %), a to zástupci druhů

*Laburnum anagyroides* (1 jedinec), *Prunus* sp. (1 jedinec) a *Rosa* sp. (1 jedinec). Byl zde také prokázán výskyt odumřelého jedince, jak dokumentuje Obr. 6.2. Jeho procentuální zastoupení činilo 3 % a jedná se o zástupce druhu *Betula pendula*. Hodnota výborné fyziologické vitality nebyla přidělena žádnému jedinci, který se na sledovaném území vyskytuje, z důvodu umístění zkoumaného stanoviště v nepříznivých podmínkách.



Obr. 6.1: Graf četnosti fyziologické vitality



Obr. 6.2: Odumřelý jedinec *Betula pendula* (11. 9. 2013, Lucie Minářová)



**Obr. 6.3: Chlorotické skvrny na listu *Betula pendula* (16. 8. 2013, Lucie Minářová)**



**Obr. 6.4: Vývoj chlorotických skvrn na listu *Betula pendula* (11. 9. 2013, Lucie Minářová)**



**Obr. 6.5:** Sevrění listů *Robinia pseudoacacia* (16. 8. 2013, Lucie Minářová)



**Obr. 6.6:** Deformace listů *Robinia pseudoacacia* (16. 8. 2013, Lucie Minářová)



**Obr. 6.7: Prosychnání horních větví *Prunus* sp. (11. 9. 2013, Lucie Minářová)**



**Obr. 6.8: Prosychnání horních větví *Robinia pseudoacacia* (11. 9. 2013, Lucie Minářová)**



**Obr. 6.9: Zasažení mezižilních prostor působením ozonu u *Malus* sp.  
(16. 8. 2013, Lucie Minářová)**



**Obr. 6.10: Nekrotické skvrny se žlutým lemem na *Malus* sp. (16. 8. 2013, Lucie Minářová)**



**Obr. 6.11: Zdravá větev *Pinus sylvestris* (5. 7. 2013, Lucie Minářová)**



**Obr. 6.12: Stagnace a deformace růstu *Pinus sylvestris* (5. 7. 2013, Lucie Minářová)**





**Obr. 6.13: Napadení *Cornus alba* škůdцем (16. 8. 2013, Lucie Minářová)**

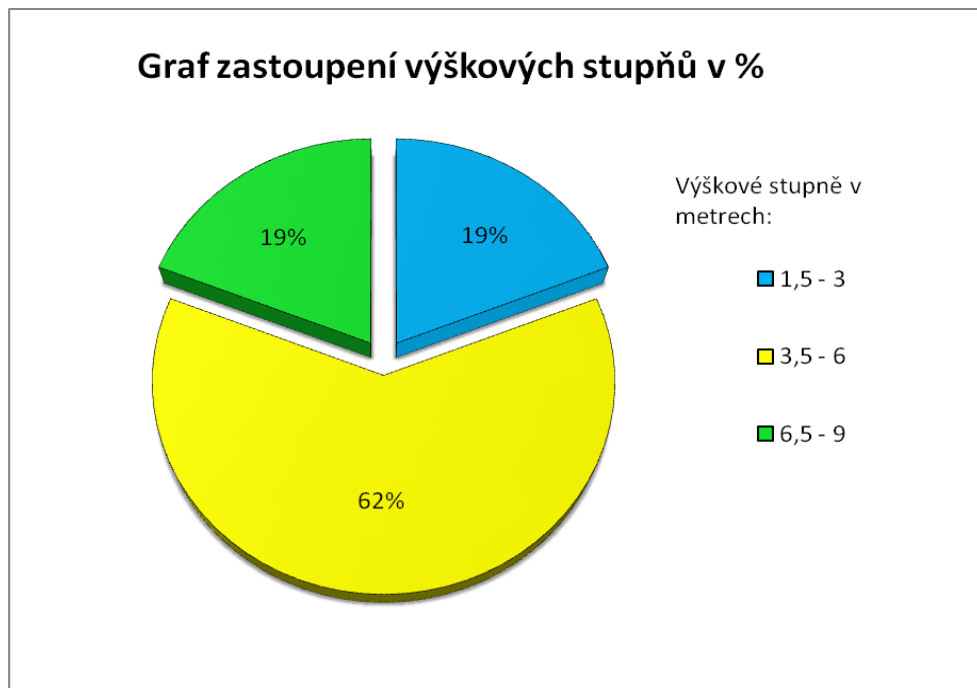


**Obr. 6.14: Žloutnutí a následné prosychání listů *Rosa* sp. (5. 7. 2013, Lucie Minářová)**

### 6.3 Výška porostu

Další charakteristikou, která byla sledována, je výška porostu. Z naměřených hodnot výšky porostu vyplývá, že průměrná výšková hodnota porostu je 4,8 m a nejvyššími dřevinami, které měří 9 m, jsou *Robinia pseudoacacia* a *Betula pendula*. Naopak nejnižší dřevinou s výškou 1,5 m je *Prunus domestica*. Výsledky měření jsou uvedené v příloze číslo 3 a 4.

Po rozdělení výšek do třech výškových stupňů (1,5–3 m, 3,5–6 m, 6,5–9 m) bylo zjištěno, že nejvíce je zastoupen výškový stupeň 3,5–6 m, a to s 62 % (Obr. 6.15). Do této kategorie patří druhy *Betula pendula* (s výškami 4 m a 6 m), *Crataegus laevigata* (s výškou 4 m), *Juglans regia* (s výškami 4 m a 5 m), *Laburnum anagyroides* (s výškou 4 m), *Malus* sp. (s výškami 3,5 m, 4 m, 5 m a 5,5 m), *Pinus sylvestris* (s výškou 4 m), *Prunus domestica* (s výškou 5 m), *Prunus domestica syriaca* (s výškou 5 m), *Prunus* sp. (s výškou 3,5 m), *Robinia pseudoacacia* (s výškami 5 m a 6 m) a *Salix* sp. (s výškou 6 m).



**Obr. 6.15: Graf zastoupení výškových stupňů v %**

U všech jedinců *Juglans regia* jsou patrné příznaky houbové choroby antraknóza ořešáku (*Gnomonia leptostyla*), (Obr. 6.16, Obr. 6.17). V příloze číslo 1 a 2 se nachází výkres s půdorysem zkoumaného území se zakreslenou situací rostoucí vegetace, která se převážně nachází cca 5 m od krajnice vozovky. Většina vegetace je vysazena v přilehlém příkopu nebo

je vysazena až za ním. Nachází se i jedinci, kteří jsou vysazeni v těsné blízkosti komunikace, bez ochrany před negativním působením silničního provozu.



**Obr. 6.16: Antraknóza ořešáku (*Gnomonia leptostyla*) (16. 8. 2013, Lucie Minářová)**



**Obr. 6.17: Detail listu *Juglans regia* poškozený Antraknózou ořešáku (*Gnomonia leptostyla*) (16. 8. 2013, Lucie Minářová)**

## 7 Diskuse

### 7.1 Zastoupení rostlinných druhů a jejich vhodnost

Na zájmovém území byly vysázeny následující rody a druhy dřevin: *Acer platanoides*, *Betula pendula*, *Cornus alba*, *Crataegus laevigata*, *Juglans regia*, *Laburnum anagyroides*, *Malus* sp., *Pinus sylvestris*, *Prunus domestica*, *Prunus domestica syriaca*, *Prunus* sp., *Robinia pseudoacacia*, *Rosa* sp., *Salix alba* a *Salix* sp. Jedná se o 42 zástupců dřevin, které jsou řazeny do 8 rostlinných čeledí. Podle Kolaříka (2003) je nutné přihlížet při výběru dřevin na stanoviště v městském prostředí, které se vyskytuje u silničních komunikací k tomu, že je třeba navrhovat dřeviny odolné vůči působení solí, jež se využívají při zimní údržbě vozovky. Tato zásada na zájmovém území nebyla dodržena, protože vyjma druhu *Prunus domestica* a zástupců rodu *Salix* sp. jsou ostatní použité dřeviny pro tento typ výsadby nevhodné.

Málek et al. (2012) konstatují, že jako vhodný druh se jeví *Robinia pseudoacacia*. Také na zkoumaném území byla jako nejvhodněji zvolena dřevina *Robinia pseudoacacia*, která toleruje zvýšený výskyt solí, a zároveň snese přímé působení solí jako postřik na kmen. Bohužel se jedná o dřevinu invazní, v podmínkách ČR nepůvodní, a proto je předmětem monitoringu rostlinolékařské správy a vyhodnocování rizika podle § 10 zákona č. 326/2004 Sb., o rostlinolékařské péči. Je také uvedena jako invazní škodlivý organizmus v příloze č. 8 vyhlášky č. 330/2004 Sb., o opatřeních proti zavlékání a rozšiřování škodlivých organizmů rostlin a rostlinných produktů. Anonym (1989) však uvádí, že cizí druhy lze použít tam, kde není nebezpečí jejich rozplevelování a zvláště tam, kde by domácí druhy neobstály. Jedná se především o prostory středních dělicích pásů a plochy, jež jsou pravidelně zasolované a znečišťované. Jelikož je druh dřeviny *Robinia pseudoacacia* vysázen právě v takto nepříznivých podmínkách, lze jej považovat za vhodný k výsadbě podél silničních komunikací.

Málek et al. (2012) dále uvádějí, že dalším druhem dřeviny, který je tolerantní k zasolení, a je tedy také vhodný na stanoviště, je *Salix alba*. Naopak velmi citlivým rodem k působení solí, proto nevhodný k vysazování podél silničních komunikací, je rod *Prunus*.

Ostatní dřeviny, jež se vyskytují na zájmovém území, jsou středně citlivé k působení solí. Jedná se především o *Acer platanoides*, *Betula pendula*, *Cornus alba*, *Crataegus laevigata*, *Juglans regia*, *Laburnum anagyroides*, *Malus* sp., *Pinus sylvestris*, *Rosa* sp. a *Salix* sp. (Málek et al., 2012).

Na daném stanovišti vykazuje nevhodně zvolený rod *Prunus* průměrnou fyziologickou vitalitu 2,4, což znamená zřetelně narušená vitalita. Lze tedy konstatovat, že tento rod by neměl být vysazován podél silničních komunikací, kde se počítá se zvýšenou koncentrací soli. Jak uvádějí Málek et al. (2012) náhradou za rod *Prunus* by mohl být druh *Elaeagnus angustifolia*, který je tolerantní k zasolení, a zároveň snáší zpevněné půdy.

## 7.2 Fyziologická vitalita

Woo (2009) uvádí, že rostliny jsou ovlivněny životním prostředím, ve kterém žijí a tím dochází k ovlivnění jejich fyziologické vitality. Pokud se jedná o životní prostředí se znečištěným ovzduším, zvyšuje se výskyt patogenu, který může vést až k odumření rostliny. Toto tvrzení se shoduje se zjištěnými údaji v průzkumu sledovaného území. Na všech jedincích byl znát pokles fyziologické vitality, jako důsledek znečištěného ovzduší dané oblasti.

Kolařík et al. (2005) uvádějí, že pokud působení stresorů překročí určitou úroveň či délku expozice, nastává trvalé poškození rostliny. Bláha et al. (2003) konstatují, že působení nepříznivých vlivů vnějšího prostředí může vést až k odumření rostliny. Na zkoumaném území byl nalezen odumřelý jedinec (*Betula pendula*). Uvedený druh dřeviny citlivě reagoval na dlouhodobější expozici ve znečištěném prostředí, a proto odumřel. Z tohoto pohledu se jedná o druh dřeviny pro uvedený typ výsadby nevhodný.

Jedná-li se o stálou expozici ve znečištěném prostředí, dochází ke kumulaci negativních účinků na fyziologický proces. Jedná se především o kumulaci poklesu fotosyntézy, funkčnosti průduchů, fixaci uhlíku a snížení odolnosti vůči hmyzu a houbovým chorobám (Smith, 1992 in Woo, 2009). Uvedené závěry jsou shodné se zjištěnými údaji v průzkumu. Jako příklad lze uvést výskyt houbové choroby antraknóza ořešáku (*Gnomony leptostyla*) u všech jedinců ořešáku královského (*Juglans regia*) v různém rozsahu poškození či napadení jedince svídy bílé (*Cornus alba*).

V období působení znečištěného ovzduší na rostliny dochází nejen ke zvýšenému výskytu houbových chorob a škodlivého hmyzu, ale i k přímému působení na listové pletivo (Lovett a Kinsman, 1990 in Woo, 2009). Na zájmovém území byl v souladu s uvedenými tvrzeními potvrzen výskyt chlorotických skvrn na listu břízy bělokoré (*Betula pendula*) nebo nekrotických skvrn se žlutým lemem na jabloni (*Malus sp.*).

Richardson et al. (2009) uvádějí, že při chronickém působení kyselých srážek a přízemního ozonu v průběhu vegetačního období dochází k přímému negativnímu vlivu

na fixaci uhlíku u druhu *Pinus taeda*. Takto může nastat výrazné snížení dlouhodobého růstového potenciálu. Tento trend byl na zájmovém území zaznamenán u borovice lesní (*Pinus sylvestris*). U ní jsou patrné růstové deformace. Její výška činí 4 m, se zřetelně narušenou fyziologickou vitalitou. Jelikož se jedná o stejný rod dřeviny a nachází se v místech chronického působení kyselých srážek a přízemního ozonu, můžeme považovat zjevné růstové deformace za následek působení těchto negativních látek.

Podle Anonym (1989) jsou na zájmovém území vhodně zvolenými dřevinami *Acer platanoides*, *Cornus alba* a *Salix alba*. Tyto dřeviny však na zájmovém území vykazují výrazně sníženou fyziologickou vitalitu. Jak uvádějí Málek et al. (2012) k tomu aby dřevina mohla dobře růst a měla dobré předpoklady ke zdraví, je nutný při zakládání městské zeleně výběr kvalitních sazenic, kvalitně a odborně provedená výsadba a následná povýsadbová péče. Uvedené nebylo na zájmovém území uskutečněno, protože pochybení nastalo již při zakládání porostu, kdy mohlo dojít k výběru nekvalitních sazenic či špatné povýsadbové péči, která spočívala také v zálivce založeného porostu.

### 7.3 Výška porostu

Výška porostu má vliv na proudění vzduchu, jakožto jedno z kritérií pro bezpečnost a plynulost dopravy. Aby porost byl v tomto ohledu funkční, měl by být vysoký do 10 m (Bulír, 1988). Tuto podmínku vysazené dřeviny na zkoumaném území splňují, jelikož maximální výška porostu činí 9 m a to v zastoupení druhů *Robinia pseudoacacia* a *Betula pendula*.

Bulír (1988) dále konstatuje, že pokud se jedná o zeleň, která se vyskytuje u frekventovaných komunikací ve městě, měla by plnit především izolačně asanační funkci. To znamená, aby chránila své okolí před zdravotně nepříznivými účinky dopravy. Této funkčnosti zeleň nabývá v případě, že je tvořena souvislou hustou, pásovou až pruhovou případně plošnou výsadbou, jež je z větší části doplněna o podrosty. Hustota výsadby na zkoumaném stanovišti tento požadavek splňuje pouze v prostřední části úseku, jež zabírá přibližně 1/3 celkové délky. Vyskytují se zde dřeviny: *Acer platanoides*, *Betula pendula*, *Crataegus laevigata*, *Juglans regia*, *Laburnum anagyroides*, *Malus* sp., *Prunus domestica*, *Prunus* sp., *Robinia pseudoacacia*, *Rosa* sp. Výsadba je v těchto místech uspořádána do souvislého pásu s více řadami a výška dřevin se pohybuje v rozmezí 2,5 až 9 m. Díky hustotě výsadby a širokému rozmezí výšek lze tento úsek považovat za funkční v ohledu ochrany okolí před zdravotně nepříznivými účinky dopravy.

Ostatní plochy jsou tvořeny solitérami, které nejsou doplněny o podrosty. Anonym (1989) uvádí, že pokud se má jednat o solitérní výsadbu, musejí být zvoleny vyšší stromy se zapěstovanou korunou a kmenem bez obrostu. Na zbylém zkoumaném území se nachází tyto druhy dřevin: *Betula pendula*, *Cornus alba*, *Juglans regia*, *Malus* sp, *Pinus sylvestris*, *Prunus domestica*, *Prunus domestica syriaca*, *Prunus* sp., *Robinia pseudoacacia*, *Salix alba* a *Salix* sp. Ty však svým růstem nesplňují podmínky solitérní výsadby. Nelze proto s přesností určit typ zbylé výsadby.

Z výše uvedeného vyplývá, že vegetace na zkoumaném území dostatečně nechrání své okolí před zdravotně nepříznivými účinky dopravy a je nutné ji revitalizovat.

## 8 Závěry

Cílem bakalářské práce bylo vytvoření přehledu dřevin, které jsou vhodné pro výsadbu v okolí silničních tahů a shrnutí poznatků o vlivu vybraných abiotických stresorů na rostliny. Pozornost byla zaměřena především na vlivy zvýšené koncentrace soli, vodního stresu a zvýšené koncentraci přízemního ozonu, jako důsledek působení automobilové dopravy. Negativní dopad automobilové dopravy na dřeviny byl sledován na vybraném území, které se nachází u Rozvadovské spojky v Praze – Stodůlkách.

1. Na zájmovém území se nachází celkem 42 jedinců dřevin z 8 čeledí rostlin.
2. Na zájmovém území je většina vysazených dřevin nevhodná pro výsadbu podél silničních komunikací.
3. Jako zcela nevhodné se na zájmovém území jeví výsadba těchto druhů rostlin *Acer platanoides*, *Betula pendula*, *Cornus alba*, *Crataegus laevigata*, *Juglans regia*, *Laburnum anagyroides*, *Malus* sp., *Pinus sylvestris*, *Prunus domestica syriaca*, *Prunus* sp., *Robinia pseudoacacia*, *Rosa* sp. a *Salix alba*.
4. Naopak vhodně vysazenými dřevinami jsou *Prunus domestica* a *Salix* sp.
5. Průměrná vitalita dřevin je zřetelně narušená, přičemž nejvyšší vitalita byla zjištěna u *Salix* sp. a naopak nejnižší u *Laburnum anagyroides*.
6. Průměrná výška dřevin činila 4,8 m.
7. Prostředí, ve kterém se nachází zájmové území, je znečištěné, a proto negativně působí na zdravotní stav výsadby.



## 9 Použitá literatura

Anonym, 1989. Sborník technických řešení staveb a jejich částí, S 6.6 Silniční zeleň. Ministerstvo vnitra a životního prostředí ČSR, Brno. 119 s.

Bláha, L., Hnilička, F., Hniličková, H., Holubec, V., Möllerová, J., Štolcová, J., Zieglerová, J. 2003. Rostlina a stres. VÚRV, Praha. 156 s. ISBN: 80 – 86555 – 32 – 1.

Bulíř, P. 1988. Aktuality Výzkumného a šlechtitelského ústavu okrasného zahradnictví v Průhonicích, Vegetační doprovody silnic. Novinář, Praha. 198 s.

Colbeck, I., Mackenzie, A. R., 1994: Air Pollution by Photochemical Oxidants. In Novotný, R., Buriánek, V., Šrámek, V. 2009. Metodika hodnocení viditelného poškození vegetace vyvolaného účinky přízemního ozonu. Výzkumný ústav lesního hospodářství a myslivosti, Strnady. 9.

Čaboun, V. 1990. Alelopátia v lesných ekosystémoch. SAV, Bratislava. 118 s. ISBN: 8022401366.

Čermák, J., Prax, A., Kučera, J., 1986: Ekologické podmínky trvalé koexistence vzrostlé zeleně a zástavby na sídlištích. In Kolařík, J., (Eds). 2003. Péče o dřeviny rostoucí mimo les. 1. Díl. Základní organizace Českého svazu ochránců přírody, Vlašim. 67.

Česko. Vyhláška č. 330 ze dne 4. května roku 2004 o opatření proti zavlékání a rozšiřování škodlivých organismů rostlin a rostlinných produktů. Dostupné z <[http://aplikace.mvcr.cz/sbirka-zakonu/SearchResult.aspx?q=330/2004&typeLaw=zakon&what=Cislo\\_zakona\\_smlouvy](http://aplikace.mvcr.cz/sbirka-zakonu/SearchResult.aspx?q=330/2004&typeLaw=zakon&what=Cislo_zakona_smlouvy)>

Česko. Zákon č. 114 ze dne 19. února roku 1992 o ochraně přírody a krajiny. Dostupné z <<http://www.mzp.cz/www/platnalegislativa.nsf/d79c09c54250df0dc1256e8900296e32/58170589e7dc0591c125654b004e91c1>>

Česko. Zákon č. 326 ze dne 31. května roku 2004 o rostlinolékařské péči. Dostupné z <[http://eagri.cz/public/web/mze/legislativa/pravni-predpisy-mze/tematicky-prehled/Legislativa-MZe\\_uplna-zneni\\_zakon-2004-326-viceoblasti.html](http://eagri.cz/public/web/mze/legislativa/pravni-predpisy-mze/tematicky-prehled/Legislativa-MZe_uplna-zneni_zakon-2004-326-viceoblasti.html)>

ČSN 73 6110. Projektování místních komunikací. 2006. Český normalizační institut. Praha. 128 s.

Desikan, R., Hancock, J., Neill, S. 2005. Reactive oxygen species as signalling molecules. In *Antioxidans and reactive oxygen species in plants*. Blackwell Publishing Ltd. 169-196 s. ISBN: 978 – 1 – 4051 – 2529 – 1.

Durdík, P., (Eds). 2011. Zeleň ve městě – město v zeleni, Seminář AUÚP, 7. -8. října 2010, Praha-Troja. Ústav územního rozvoje, Brno. 70 s. ISBN: 978 – 80 – 87318 – 18 – 8.

Hieke, K. 1994. Lexikon okrasných dřevin. Helma, Praha. 730 s.

Höppler, G., 1993: Standtbäume – ihre klimatologische und lufthygienische Wirkung. In Kolařík, J., (Eds). 2003. Péče o dřeviny rostoucí mimo les. 1. Díl. Základní organizace Českého svazu ochránců přírody, Vlašim. 79.

Hurych, V. 2003. Okrasné dřeviny pro zahrady a parky. Květ, nakladatelství Českého zahrádkářského svazu, Praha. 203 s. ISBN: 80 – 85362 – 46 – 5.

Hůnová, I., Matoušková, L., Srněnský, R., Koželková, K. 2011. Ozone influence on native vegetation in the Jizerské hory Mts. of the Czech republic: results based on ozone exposure and ozone-induced visible symptoms. *Environmental Monitoring and Assessment*. 183 (1-4). 501 – 515.

Jones, M. E., Paine, T. D., Fenn, M. E., Poth, M. A., 2004: Influence of ozone and nitrogen deposition on bark beetle activity under drought conditions. In Novotný, R., Buriánek, V., Šrámek, V. 2009. Metodika hodnocení viditelného poškození vegetace vyvolaného účinku přízemního ozonu. Výzkumný ústav lesního hospodářství a myslivosti, Strnady. 11.

Kavka, B., Šindelářová, J. 1978. Funkce zeleně v životním prostředí. Státní zemědělské nakladatelství, Praha. 235 s.

Kolařík, J., (Eds). 2003. Péče o dřeviny rostoucí mimo les. 1. Díl. Základní organizace Českého svazu ochránců přírody, Vlašim. 261 s. ISBN: 80 – 86327 – 36 – 1.

Kolařík, J., (Eds). 2005. Péče o dřeviny rostoucí mimo les. 2. Díl. Základní organizace Českého svazu ochránců přírody, Vlašim. 720 s. ISBN: 80 – 86327 – 44 – 2.

Larcher, W. 2003. *Physiological plant ecology: ecophysiology and stress physiology of functional groups*. 4th ed. New York: Springer. p.513. ISBN: 3540435166.

Levitt, J. 1980. *Responses of Plants to Environmental Stresses: water, radiation, salt and other stresses*. Academic Press. p. 607. ISBN: 9780124455023.

Lichtenthaler, H. K. 1995. Vegetation stress, Based on the International Symposium on Vegetation Stress. 19-21.

Lichtenthaler, H. K. 1998. The Stress Concept in Plants. An Introduction. Annals of the New York Academy of the Science. 851. 187-198.

Lovett, G. M., Kinsman, J. D., 1990: Atmospheric pollutant deposition to high – elevation ecosystem. In Woo, S. Y. 2009. Forest decline of the world: A linkage with air pollution and global warming. African Journal of biotechnology. 8 (25). 7411.

Mareček, J., (Eds). 1975. Zahrada a její uspořádání. SZN, Praha. 215 s. ISBN: 07 – 071 – 75 – 0444.

Málek, Z., Horáček, P., Kiesenbauer, Z. 2012. Stromy pro sídla a krajinu. Ing. Petr Baštan, Olomouc. 357 s. ISBN: 978 – 80 – 87091 – 36 – 4.

Mooney, H. A. 1991. Response of plants to multiple stresses. San diego: Academic Press. p. 422. ISBN: 0 – 12 – 505355 - X.

Nielsen, E. T., Orcutt, D. M. 1996. Physiology of plants under stress. Abiotic factors. Virginia Polytechnic Institute and State University, USA. p. 689. ISBN: 0 – 471 – 03512 – 6.

Novák, Z. 2001. Dřeviny na veřejných městských prostranstvích: použití dřevin v ulicích a na náměstích památkově chráněných měst. Státní ústav památkové péče, Praha. 50 s. ISBN: 80 – 86234 – 21 – 5.

Novotný, R., Buriánek, V., Šrámek, V. 2009. Metodika hodnocení viditelného poškození vegetace vyvolaného účinky přízemního ozonu. Výzkumný ústav lesního hospodářství a myslivosti, Strnady. 48 s. ISBN: 978 – 80 – 7417 – 014 – 0.

Orcutt, D. M., Nielse, E. T. 2000. The physiology of plants under stress: soil and biotic factors. John Wiley and sons, USA. p. 696. ISBN: 0471031526.

Reš, B., Vencálek, T., Kosejk, J. 2009. Obnova zeleně v urbanizované krajině. Agentura ochrany přírody a krajiny České republiky, Praha. 13 s. ISBN: 978 – 80 – 87051 – 62 – 7.

Richardson, C. J., Sasek, T. W., Fendick, E. A. 2009. Implication of physiological responses to chronic air pollution for forest decline in the southeastern United States. Environmental Toxicology and chemistry. 11 (8). 1105-1114.

Roloff, A., Baertels, A. 1996. Die Gehölze. Ulmer. Stuttgart. 694 s. ISBN: 3800134799.

Seinfeld, J. H., 1996: Atmospheric Chemistry and Physics of Air Pollution. In Novotný, R., Buriánek, V., Šrámek, V. 2009. Metodika hodnocení viditelného poškození vegetace vyvolaného účinky přízemního ozonu. Výzkumný ústav lesního hospodářství a myslivosti, Strnady. 9.

Sharp, S. W. A. (ed.), 1990: The Penguin Dictionary of Chemistry. In Novotný, R., Buriánek, V., Šrámek, V. 2009. Metodika hodnocení viditelného poškození vegetace vyvolaného účinky přízemního ozonu. Výzkumný ústav lesního hospodářství a myslivosti, Strnady. 8.

Schülerduden, 1998: Die Ökologie. In Novotný, R., Buriánek, V., Šrámek, V. 2009. Metodika hodnocení viditelného poškození vegetace vyvolaného účinky přízemního ozonu. Výzkumný ústav lesního hospodářství a myslivosti, Strnady. 8.

Smirnov, N., 1993: The role of active oxygen in the response of plants to water deficit and desiccation. In Orcutt, D. M., Nielse, E. T. 2000. The physiology of plants under stress: soil and biotic factors. John Wiley and sons, USA. p. 696. 186.

Smith, W. H., 1992: Air Pollution and forest; inter action between air contaminants and forest ecosystem New York. In Woo, S. Y. 2009. Forest decline of the world: A linkage with air pollution and global warming. African Journal of biotechnology. 8 (25). 7411.

Soukup, J., Horký, J. 1981. Informace a návody k tvorbě a ochraně životního prostředí, vliv soli na městskou zeleň. Národní výbor Hlavního města Prahy, Praha. 68 s.

Sucharda, I., 1993: Význam a funkce zeleně v tvorbě a ochraně životního prostředí. In Kolařík, J., (Eds). 2003. Péče o dřeviny rostoucí mimo les. 1. Díl. Základní organizace Českého svazu ochránců přírody, Vlašim. 80.

Štekauerová, V., Skalová, J., Šútor, J. 2002. Using of pedotransfer functions for assessment of hydrolimits. Rostlinná výroba. 48 (9). 407-412.

TP 99 dodatek 1. Vysazování a ošetřování silniční vegetace. 2005. Ministerstvo dopravy. Brno. 29 s.

Uhlířová, H., (Eds). 1996. Symptomy poškození lesních dřevin. MZ ČR a Výzkumný ústav lesního hospodářství a myslivosti, Jíloviště-Strnady. 244 s. ISBN: 80 – 7084 – 137 – 0.

Uhlířová, H., Hůnová, I., Novotný, R., Lomský, B., Horálek, J. 2003. Oxidační stres v podmínkách horských smrčín. Zprávy lesnického výzkumu. 48 (4). 200-205.

Uhlířová, H., Kapitola, P., (Eds). 2004. Poškození lesních dřevin. Lesnická práce, s.r.o., Kostelec nad Černými lesy. 280 s. ISBN: 80 – 86386 – 56 – 2.

Warneck, P., 1988: Chemistry of the Natural Atmosphere. In Novotný, R., Buriánek, V., Šrámek, V. 2009. Metodika hodnocení viditelného poškození vegetace vyvolaného účinky přízemního ozonu. Výzkumný ústav lesního hospodářství a myslivosti, Strnady. 9.

Woo, S. Y. 2009. Forest decline of the world: A linkage with air pollution and global warming. African Journal of biotechnology. 8 (25). 7409-7414.

## **10 Přílohy**

1 Situace inventarizovaného území

2 Situace inventarizovaného území

3 Inventarizační tabulka část 1

4 Inventarizační tabulka část 2