

ČESKÁ ZEMĚDĚLSKÁ UNIVERZITA V PRAZE  
FAKULTA ŽIVOTNÍHO PROSTŘEDÍ

BAKALÁŘSKÁ PRÁCE

2010

František Lorenc

ČESKÁ ZEMĚDĚLSKÁ UNIVERZITA V PRAZE  
FAKULTA ŽIVOTNÍHO PROSTŘEDÍ  
KATEDRA VODNÍHO HOSPODÁŘSTVÍ A  
ENVIRONMENTÁLNÍHO MODELOVÁNÍ

VLIV KLIMATICKÝCH ZMĚN NA LESNÍ HOSPODÁŘSTVÍ  
BAKALÁŘSKÁ PRÁCE

Vedoucí práce: Ing. Jana Soukupová

Bakalant: František Lorenc

2010

### **Prohlášení**

Prohlašuji, že jsem tuto bakalářskou práci vypracoval samostatně pod vedením Ing. Jany Soukupové a že jsem uvedl všechny literární prameny, ze kterých jsem čerpal.

V Praze 30. 4. 2010

## Souhrn

Tato práce popisuje minulé, současné i možné budoucí vlivy změn klimatu na lesy a lesní hospodářství. Cílem práce je popsat, jaký vliv mělo podnebí a jeho změny na vývoj lesů, jaké mohou mít tyto změny vliv na lesní hospodářství v České republice a následně zformulovat vhodná doporučení a postupy pro hospodaření v lesích pod vlivem těchto změn. Část práce je zaměřená na přírodní lesní oblast Českomoravská vrchovina. V této části jsou kromě stručného popisu oblasti a vývoje lesů zahrnuta i doporučení hospodaření v lesích pro tuto oblast.

První lesy se na Zemi objevily v siluru. Jejich kostru tvořily kapradinovité dřeviny (KADRNOŽKA, 2008). Velký rozvoj lesů nastal ve vlhkém a teplém karbonu, kdy se objevily i první nahosemenné rostliny (ZIEGLER, 2002). V permu došlo k propojení světadílů v jednotnou pevninu Pangeu a také k obrovskému vymírání druhů, což ovlivnilo další vývoj (ACOT, 2005). V teplém a suchém triasu ustupovaly výtrusné rostliny a rozvíjely se nahosemenné (PRŮŠA, 1990). Během teplého a vyrovnaného podnebí křídly došlo ke vzniku a rozvoji krytosemenných rostlin (ACOT, 2005). Ve třetihorách se již vyskytovaly lesy podobné těm současným (SAMEC, 2008). Ve čtvrtohorách se střídaly doby ledové a meziledové. V dobách ledových lesy ustupovaly, zatímco v dobách meziledových se rozšiřovaly (CÍLEK et al., 2003). V časném holocénu nastal ústup tunder, které byly nahrazovány teplomilnějšími porosty (KUTÍLEK, 2008). Střední holocén s vlhkým a teplým podnebím znamenal rozvoj lesů. Typickými lesy na území dnešní České republiky byly smíšené doubravy. V mladém holocénu byly doubravy nahrazovány bučinami a zvyšoval se podíl smrkových porostů (CÍLEK et al., 2003).

V České republice dle klimatických scénářů dojde v roce 2075 ke zvýšení teploty o 3,1-4,2 °C a zvýšení ročního srážkového úhrnu o 7-16 % (MOLDAN et SOBÍŠEK, 1996). Největší nebezpečí hrozí smrkovým monokulturám mimo oblast jejich přirozeného výskytu. Očekává se častější výskyt výkyvů počasí a nárůst významu lesních škůdců i houbových chorob (JANOŮŠ, et al., 2002). Při navrhování hospodaření v lesích je třeba uvažovat hlediska přírodní, ekonomická, politická, organizační a sociální (VINŠ, 1996). Doporučuje se přestavba člověkem nevhodně vytvořených porostů v druhově bohatší, prostorově více členěné lesy a používání dřevin se širokou ekologickou valencí (POLENO et VACEK, 2007a). V PLO

Českomoravská vrchovina se doporučuje především podpora obnovy přirozených lesních dřevin (ÚHÚL, 2001).

**Klíčová slova:** lesy, Česká republika, Českomoravská vrchovina, dopady na životní prostředí, paleoklimatologie

## **Abstract**

This work describes past, present and future possible influences of climate changes on forest and forest management. Aim of this work is describe, what influence were climate and climate changes on forest management, their possible impacts on forest management in the Czech Republic and consequently frame suitable recommendations and routes for forest management under the thumb of these changes. Volume of work is focused on Nature Wood Region Czech-Moravian Highlands. In this part, there are included, expect short area decription and forest evolution, recommendations for morest management in this area.

First forest on the Earth was in Silurian. Their frame was formed by fern timber species (KADRNOŽKA, 2008). Big forest expansion occured in wet and warm Carboniferous, when was also occured first gymnosperm plants (ZIEGLER, 2002). In Permian came continents connection to uniform land Pangea as well as to gigantic species loss, which influenced next development (ACOT, 2005). In warm and dry Trias, spore plants retreated and gymnosperme plants evolved (PRŮŠA, 1990). During warm and weel-balanced Cretaceous climate got to rise and evolution of angiosperm plants (ACOT, 2005). In Tertiary was already occured forest similar to present forests (SAMEC, 2008). In Quaternary, ice-ages alternated with interglacial periods. In ice ages forest retreated, while in interglacial periods extended (CÍLEK et al., 2003). In early Holocene occured tundra retreated, which were substituted warm-requiring stands (KUTÍLEK, 2008). Middle Holocene with wet and warm climate meant forest development. Typical forest in present Czech Reublic area were mixed oak woods. In young Holocene, oak woods were substituted by beechwoods and rate of spruce stands was increasing (CÍLEK et al., 2003).

According to climatic scenarios, in Czech Republic will get to temperature rise by 3,1-4,2 °C and increasing yearly precipitation amount by 7-16 % (MOLDAN et SOBÍŠEK, 1996). The biggest danger threatens to spruce monocultures out of their natural occurrence area. It's expected more frequent weather ups and downs and rise of mean wood pests and fungal diseases (JANOŮŠ et al., 2002). In forest management planning it's necessary to think about natural, economical, political, organizational and social aspects (VINŠ, 1996). It's recommended unsuitable human-made stands reconstruction to generically richer, spatially more structured woods and using wood species with wide ecological valence (POLENO et VACEK, 2007a). In Nature Wood Region Czech-Moravian Highlands it's first recommended to support renewal of natural forest-tree species (ÚHŮL, 2001).

**Keywords:** forests, Czech republic, Czech-Moravian Highlands, environmental impacts, paleoclimatic science

# Obsah

1. Úvod a cíle práce.....	9
2. Vývoj lesů v minulých geologických obdobích.....	10
2.1 Prvohory.....	10
2.2 Druhohory.....	12
2.3 Třetihory.....	14
2.4 Čtvrtohory.....	15
3. Vývoj lesů v holocénu.....	20
3.1 Úvod.....	20
3.2 Časný holocén.....	20
3.2.1 Preboreál.....	20
3.2.2 Boreál.....	21
3.3 Střední holocén.....	22
3.3.1 Atlantik.....	22
3.3.2 Epiatlantik.....	23
3.4 Mladý holocén.....	24
3.4.1 Subboreál.....	24
3.4.2 Subatlantik.....	25
3.4.3 Subrecent.....	26
4. Předpokládaný vliv klimatických změn na lesy v České republice.....	28
4.1 Úvod.....	28
4.2 Scénáře změny klimatu.....	28
4.3 Změny v lesních ekosystémech.....	29
4.4 Abiotické vlivy.....	31
4.5 Choroby a škůdci.....	32
4.6 Znečištění ovzduší.....	33
4.7 Půda.....	34
4.8 Současný stav lesnický významných dřevin a jejich reakce za změny podmínek prostředí.....	35
4.8.1 Úvod.....	35
4.8.2 Smrk ztepilý ( <i>Picea abies</i> ).....	36
4.8.3 Borovice lesní ( <i>Pinus sylvestris</i> ).....	37
4.8.4 Jedle bělokorá ( <i>Abies alba</i> ).....	37
4.8.5 Douglaska tisolistá ( <i>Pseudotsuga menziesii</i> ).....	37
4.8.6 Modřín opadavý ( <i>Larix decidua</i> ).....	38
4.8.7 Buk lesní ( <i>Fagus sylvatica</i> ).....	38
4.8.8 Duby ( <i>Quercus sp.</i> ).....	38
4.9 Ekonomické dopady klimatických změn na lesní hospodářství.....	39
4.10 Mimoprodukční funkce lesů.....	39
5. Doporučení hospodaření v lesích vzhledem k očekávaným klimatickým změnám .....	40
5.1 Obecná doporučení.....	40
5.2 Praktické postupy.....	41
6. Předpokládaný vliv klimatických změn na lesy v Českomoravské vrchovině.....	45
6.1 Přírodní poměry.....	45
6.2 Historické rozšíření hospodářských dřevin na Českomoravské vrchovině.....	45
6.3 Změny klimatu a lesní hospodářství na Českomoravské vrchovině.....	46
7. Diskuse a závěr.....	48

## **1. Úvod a cíle práce**

V této práci bych chtěl nejdříve popsat vývoj lesů v závislosti na měnícím se podnebí od období vzniku lesů až po současnost, především v posledním období – holocénu. Dále bych se chtěl zaměřit na možné dopady současných klimatických změn na lesní hospodářství z různých hledisek a následně popsat doporučení a postupy hospodaření v lesích související s těmito změnami. Chtěl bych se také v části práce zaměřit na lesy v Českomoravské vrchovině a zhodnotit, jaká rizika a doporučení ohledně změn klimatu se jí týkají.



## 2. Vývoj lesů v minulých geologických obdobích

### 2.1 Prvohory

Na počátku prvohor pravděpodobně většinu pevniny tvořil na západní polokouli rozsáhlý kontinent Gondwana, ke které patřil i Český masív. Na východní polokouli se nacházely ostatní pevniny – Laurentia (dnešní Severní Amerika), severní Evropa a Sibiř. Mezi nimi se vyskytovaly malé i větší ostrovy, které později splynuly s těmito pevninami. Laurentia, Sibiř, severní Čína a Austrálie v té době ležely v tropickém pásmu (ZIEGLER, 2002). Všechny tyto pevniny byly původně součástí jediného superkontinentu Rodinie, který se rozpadl v prekambriu asi před 750 000 000 let (ACOT, 2005).

V období silur se Gondwana pohybovala od jižního pólu k rovníku a pevniny Laurentia a Baltica se k sobě přibližovaly. Vlivem ústupu Gondwany z oblasti jižního pólu došlo k rychlému tání pevninských ledovců, díky kterému se zvýšila hladina moře, a na mnoha místech se vytvořilo stálejší vodní prostředí. Laurentia a Baltica byly naplno zasaženy kaledonským vrásněním. Tyto dvě pevniny se spojily, a vytvořily tak kontinent Stará červená pevnina, který se stal velmi důležitým pro rozvoj suchozemského života (ZIEGLER, 2002). Osídlení souše rostlinami umožňovalo příznivé teplé silurské podnebí (KUTÍLEK, 2008).

Právě ze siluru pocházejí nejstarší nalezené zkameněliny rostlin. Jednalo se o výtrusné kapradinovité rostliny, které potřebovaly k rozmnožování vlhko, a proto rostly zejména v blízkosti pobřeží a kolem velkých vnitrozemských vodních ploch. Potřeba těchto rostlin udržet na souši svou značnou hmotnost vedla k vytvoření silných stonků, později kmenů a dřeva. Jejich rozšiřování do sušších oblastí dále vedlo k tvorbě silných kořenových systémů (KADRNOŽKA, 2008). Již od konce siluru byly ekosystémy stromových pater v základu podobné ekosystémům současných pralesů (ZIEGLER, 2002).

Z období devonu byly nalezeny tzv. devonské červené pískovce, usazené horniny, které ukazují na polopouštní nebo lagunární klima v tomto období. Rozdělení dešťových srážek nebylo rovnoměrné, na konci devonu jejich množství vzrostlo. (ACOT, 2005). Od středního devonu začalo hercynské (variské) vrásnění, které trvalo až do permu a skončilo vytvořením jednotné pevniny nazývané Pangea (ZIEGLER, 2002).

Od středního devonu se rostliny začaly rozrůžňovat, zejména díky vytvoření hlavní osy, pravých listů, kořenového systému a sekundárních vodivých pletiv (ŠIMŮNEK, 2008 in CHÁB et al., 2008). Lesy devonu tvořily stromové formy přesliček a kapradin (ACOT, 2005). Ve stření devonu některé dřeviny dosahovaly výšky až 10 m – např. první stromovité typy přesličkovitých *Pseudobornia*, kapradinovitých *Rellimia* a plavuňovitých *Archaeosigillaria* a *Cyclostigma* (ZIEGLER, 2002).

V období karbonu hercynské vrásnění přispělo k vytvoření rozsáhlého pruhu pevniny k rovníkové oblasti. Do této pevniny zasahovala mělká, okrajová moře. Vytvářely se také rozsáhlé sladkovodní pánve, do kterých často ústily řeky stékající z nově vytvořených pásemných horstev. Spojování pevnin doprovázela také sopečná činnost, která svou produkcí oxidu uhličitého (CO<sub>2</sub>) významně přispěla k rozvoji tehdejších lesů (ZIEGLER, 2002). Podnebí karbonu se dá popsat jako vlhké a teplé. Na Zemi se vyskytovaly rostliny stromovitého vzrůstu příbuzné dnešním kapradinám, přesličkám a plavuním (FLANNERY, 2007). Rozsáhlé pralesy pokrývaly rovníkové a oceánské oblasti severní polokoule. Jižní polokoule byla naopak z větší části zaledněna a vegetace se zde vyskytovala sporadicky (SAMEC, 2008). Tehdejší stromovité rostliny rostly zejména v rozsáhlých zaplavených pralesích a dosahovaly velikosti současných stromů (ACOT, 2005). Např. plavuně rodu *Lepidodendron* měly šupinaté kmeny sloupovitého tvaru o výšce 45 m a tloušťce 2 m v průměru, na jejichž vrcholu rostly metrové listy podobné trávě a plavuně rodu *Sigillaria* byly 6 m vysoké a široce rozvětvené (FLANNERY, 2007; KADRNOŽKA, 2008). Ve svrchním karbonu se objevily první nahosemenné rostliny – kordaity (*Cordatiaceae*) a jehličnany (např. rody *Walchia* a *Lebaicha*), které spolu s kapradosemennými rostlinami (*Pteridospermae*) tvořily tropické deštné a kamenouhelné pralesy. Karbonské lesy rostly také v nížinných bažinách. V bažinném podrostu se vyskytovaly také rašelinné mechorosty, které spolu s odumřelou hmotou stromů vedly ke vzniku budoucích slojí černého uhlí. Z živočichů se v lesích vyskytovaly např. obří druhy mnohonožek, stonožek a předchůdců dnešních vážek, dále pavouci, štíři, chvostoskoci, pošvatky a švábi (ZIEGLER, 2002). Na konci karbonu se velká část Gondwany opět dostala do oblasti jižního pólu a její pevninu pokrýl rozsáhlý pevninský ledovec. Hladina moří poklesla a klima se stalo celkově sušším. Tropická oblast pralesů se posunula nad rovníkové pásmo, z rovníkových pralesů zbyl jen úzký pruh (ZIEGLER, 2002).

V období permu díky se díky spojení kontinentů vytvořila jednotná pevnina Pangea. Pangeu obklopoval hluboký oceán a dřívější mělká moře postupně mizela. Na přelomu spodního a svrchního permu doznívalo hercynské vrásnění. V této době nastalo oteplení vlivem mohutné sopečné činnosti a jí produkovaným CO<sub>2</sub>. V permu ustupovaly pralesy přesliček, plavuní a kapradin a byly nahrazovány kapradosemennými stromy, cykasy a jehličnany (ZIEGLER, 2002). Konec permu (před 248 000 000 let) poznamenalo velké vymírání druhů, při kterém vyhynulo více než 200 čeledí, asi třetina rodů suchozemských rostlin a 80-95 % živočišných druhů. V této době došlo k největšímu poklesu hladiny oceánu v dějinách Země, o 250 m, způsobenému pravděpodobně výrazným snížením oceánských hřbetů. Na nově vzniklých pevninách se díky chemickým procesům uvolňoval do ovzduší CO<sub>2</sub>, což spolu s intenzivní sopečnou činností vedlo k celkovému oteplení Země. Zvětšení plochy pevniny vedlo také ke kontinentálnímu rázu podnebí (ACOT, 2005).

## 2.2 Druhovory

V druhohorách se mezi evropskou, arabskou a africkou pevninskou deskou Pangey nacházelo geosynklinální moře Tethys, které se s postupem času prohlubovalo a rozšiřovalo. Díky spojení kontinentů v Pangeu bylo umožněno značné rozšíření suchozemských organismů (ZIEGLER, 2002).

V období triasu panovalo klima podobné permu, ale celkově sušší. Později došlo k dalšímu oteplení (ACOT, 2005). V triasu pokračoval ústup výtrusných rostlin a rozvoj nahosemenných (PRŮŠA, 1990). Z cykasovitých se vyskytovaly formy s nízkými krátkými soudečkovitými nebo kulovitými kmeny nebo stromovité formy s bohatou korunou dlouhých tuhých listů palmovitého vzhledu (např. rod *Williamsonia*). Z jehličnanů se objevily zástupci cypřišovitých, tisovitých a jedlovitých. Výtrusné rostliny se vyskytovaly spíše na vlhčích místech a již nedosahovaly takových rozměrů jako v karbonu. Koncem triasu proběhla slabá první fáze alpínského vrásnění (starokimerická) (ZIEGLER, 2002). Z neznámých příčin došlo k dalšímu masovému vymírání, při kterém vyhynulo 76 % mořských a 22 % tetrapodních čeledí (ACOT, 2005).

Na počátku jury byla Pangea stále jednotná pevnina. Ve střední juře se však vlivem zemětřesení oddělila Afrika od Severní Ameriky a vznikl Atlantský oceán. Díky

rozpadání Pangey se zvýšila hladina moře. Mělká moře pak zaplavila značnou část pevniny (kellowayská potopa). Jurské moře se dostalo i na území Čech. Oddělování kontinentů pokračovalo i ke konci jury, kdy se Gondwana oddělila od Severní Ameriky. Rozšiřovala se mělká moře a v tropických oblastech se zvětšovaly útesy. Pohoří vzniklá díky starým vrásnicím procesům byla téměř zarovnána. Podnebí jury bylo poměrně stabilní. Oblasti kolem rovníku byly teplejší než oblasti od rovníku vzdálenější a polární pevnina prakticky neexistovala. Většina typických rostlin permu a triasu nepřežila (ZIEGLER, 2002). V období jury převažovaly rozsáhlé lesy jehličnanů a jinanů (ACOT, 2005). Ze stromovitých druhů se vyskytovaly také cykasy a blahočety (*Araukarie*), jejichž příbuzné formy se vyskytovaly již v triasu. Starší typy jinanovitých (perm – spodní křída) měly oproti mladším dělené listy. Jehličnany byly opylovány některými druhy brouků, cykasy se naopak zpevněním svých šišek hmyzu bránily (ZIEGLER, 2002).

V období křídly se od Afriky oddělily Jižní Amerika, Antarktida, Austrálie a Indie. Díky zvětšení plochy oceánů a moří bylo sluneční záření lépe pohlcováno a pomaleji vydáváno, a došlo tak vzestupu teplot. Díky zvýšení teplot se rozšířily tropy a subtropy a trvalá ledová pokrývka nebyla ani v polárních oblastech (ZIEGLER, 2002). Téměř během celého období křídly bylo podnebí na celé Zemi velmi teplé a vyrovnané (ACOT, 2005), nejteplejší a nejvyrovnanější podnebí bylo uprostřed křídly (ZIEGLER, 2002). V této době došlo ke vzniku krytosemenných rostlin (*Angiospermae*), které se značně rozšířily a vytlačily rostliny nahosemenné (ACOT, 2005). S rozvojem krytosemenných nastal také obrovský rozvoj hmyzu, zejména opylovačů. Rozšířili se např. dvoukřídlí (*Diptera*), motýli (*Lepidoptera*), brouci (*Coleoptera*) a blanokřídlí (*Hymenoptera*) (ZIEGLER, 2002).

Na území Českého masivu se vyskytovaly pralesy teplého středomořského pásma, ve kterých byly zastoupeny rody nahosemenných (např. cykasy *Jirusia* a *Doonites*, blahočety, tisovce *Sequoia* či brovice *Pinus* a *Cunninghamites*) a především krytosemenných rostlin. Z dřevin se na území Českého masivu vyskytovaly např. rody *Myrtophyllum*, blahovičnick (*Eucalyptus*), *Credneria* či *Platanophyllum*, dále např. rody *Dicotylophyllum* a *Araliphyllum*, které se v současnosti vyskytují jen v tropických pralesích a také předchůdci dnešních dubů, ořešáků a břechťanu. Z výtrusných rostlin se objevovaly stromovité kapradiny rodu *Dicksonia*, *Oncopteris* a *Tempskya* a v podrostu kapradiny rodu *Pteris*, *Lacopteris*, *Kirchneria*,

*Thyrsopteris* a *Osmunda*. Z živočichů se již v lesích vyskytovali pavouci, štíři, brouci a motýli (ZIEGLER, 2002). Na konci křídly díky subhercynské a laramijské fáze alpínského vrásnění vznikala mnohá horstva, v Evropě především Alpy a Karpaty. Moře z pevniny v severní Africe a Evropě ustoupilo, což mělo za následek větší sezónní výkyvy teplot. Na konci druhohor došlo ke změně klimatu a následnému vymírání druhů, během kterého vymřelo asi 10 % řádů (ZIEGLER, 2002). Důvodem pohromy mohla být intenzivní sopečná činnost na plošině Dekkan nebo pád obrovského meteoritu do Mexického zálivu (ZIEGLER, 2002; ACOT, 2005), při jehož dopadu se do ovzduší dostalo značné množství prachu, který zabráňoval propouštění slunečního záření na zemský povrch (ZIEGLER, 2002).

### 2.3 Třetihory

V třetihorách se již kontinenty vzniklé rozpadem Pangey posunovaly do míst, kde leží v současnosti. Existovalo spojení mezi Evropou a Severní Amerikou a Asií a Severní Amerikou, ale Evropa a Asie byly oddělené (ZIEGLER, 2002). Všechny změny neživé složky prostředí proběhly jako důsledek vrcholícího alpínského vrásnění (SAMEC, 2008). Podnebí na počátku třetihor bylo velmi teplé, podobně jako v období křídly, ale byla již patrná jistá klimatická zonalita (KUTÍLEK, 2008). Tropické deštné pralesy se vyskytovaly v Africe i na Sahaře, Indii, přímořské části Asie a severní polovině Jižní a střední Ameriky. Dále od rovníku rostly listnaté lesy. Opadavé lesy se vyskytovaly na severu Evropy, Asie, Severní Ameriky a na jihu Antarktidy (ZIEGLER, 2002).

Živá příroda se již příliš nelišila od té současné (SAMEC, 2008). Během třetihor došlo ke značnému rozšíření jehličnatých a listnatých lesů. Tyto lesy byly pravděpodobně jednou z příčin snižování koncentrace CO<sub>2</sub> v ovzduší, která vedla ke snížení intenzity skleníkového efektu. Kromě poklesu globální teploty se snižovala i vlhkost a zvyšovaly se teplotní rozdíly během jednotlivých ročních období (KADRNOŽKA, 2008). S postupným ochlazováním začaly ustupovat tropické a subtropické dřeviny a rozšiřovaly se smíšené lesy mírného podnebí (PRŮŠA, 1990) a lesostepi, ve kterých se značně rozšířily trávy, zatímco tropický les se stáhl k rovníku. V lesostepích se objevili medvědi, kočkovité šelmy a také první praví psi (*Pseudocynodictis*). V Africe na území dnešního Nilu žili stromoví primáti rodů

*Propliopithecus* a *Aegyptopithecus*, kteří již měli palec u ruky v opozici (ZIEGLER, 2002). Asi před 10 000 000 let se ve střední Africe vyskytoval od východu k západu rovníkový les. Les ve východní Africe měl po otevření zlomu na východu kontinentu k dispozici méně vláh, což mělo za následek nástup savany (ACOT, 2005). Před 5 000 000 let se klima v Africe stalo ještě sušším. Tropický les na východě i západě kontinentu ustoupil nebo zanikl (ACOT, 2005). Již na konci třetihor (období pliocén) nastala vlivem ochlazení doba ledová s názvem bieber, která měla krátké trvání (ZIEGLER, 2002).

Na sklonku třetihor, v období nazývaném v severoevropských oblastech reuver, se ve střední Evropě vyskytovaly druhově bohaté smíšené lesy, ve kterých rostly dřeviny běžné i současných porostech, např. dub (*Quercus*), buk (*Fagus*), habr (*Carpinus*), bříza (*Betula*), olše (*Alnus*), jilm (*Ulmus*) a jasan (*Fraxinus*), ale také rody dnes v Evropě vymizelé, např. tisovec (*Taxodium*), pajehličník (*Sciadopitys*), jedlovec (*Tsuga*), šácholan (*Magnolia*), ambroň (*Liquidambar*), liliovník (*Liriodendron*), korkovník (*Phellodendron*), tupela (*Nyssa*), ořechovec (*Carya*) a lapina (*Pterocarya*) (LOŽEK, 1973).

## 2.4 Čtvrtohory

Období čtvrtohor je charakteristické střídáním dob ledových (glaciály), které trvaly nejprve přibližně 40 000 let a později 100 000 let a meziledových (interglaciály) s průměrnou délkou trvání 20 000 let (CÍLEK et. al., 2003). Tyto ledové doby se nazývají podle stadií zalednění v Alpách donau, gūnz, mindel, riss a wūrm (ZIEGLER, 2002). Různí autoři však rozlišují 4-7, někdy i více dob ledových. Mimo alpský prostor se doby ledové označují jinými názvy (RYBNÍČEK et RYBNÍČKOVÁ, 1994 in MORAVEC, 1994). Kromě základního dělení čtvrtohor na doby ledové a meziledové (výkyvy I. řádu) rozlišujeme ještě dílčí výkyvy (II. řádu): Teplejší uvnitř ledových dob (interstadiály) oddělené studenými (stadiály) a chladnější výkyvy v dobách meziledových. Drobné výkyvy oběma směry (III. řádu) nazýváme oscilace. Kromě základního dělení čtvrtohor na doby ledové a meziledové (výkyvy I. řádu) rozlišujeme ještě dílčí výkyvy (II. řádu): Teplejší uvnitř ledových dob (interstadiály) oddělené studenými (stadiály) a chladnější výkyvy v dobách

meziledových. Drobné výkyvy oběma směry (III. řádu) nazýváme oscilace (LOŽEK, 1973).

Během dob ledových byla oproti současnosti teplota ovzduší i oceánů v průměru o 7 °C vyšší a hladina oceánu o 100 m nižší, zatímco v dobách meziledových byla teplota o 3 °C vyšší (ZIEGLER, 2002). V dobách ledových docházelo k velkoplošnému tvoření ledovců, které je označováno jako nordické vnitrozemské zalednění. Během doby největšího zalednění plocha ledovce dosahovala 6 500 000-7 000 000 km<sup>2</sup> (SCHMITHÜSEN, 2003). Díky postupu ledovců vznikaly ledovcové morény (ZIEGLER, 2002). Obecně lze říci, že v dobách ledových lesy ustupovaly do teplejších oblastí a po oteplení se opět rozšiřovaly. Rozšíření lesů znamenalo také oceáničtější mezoklima a mikroklima, díky kterému v lesích přežívaly druhy citlivé vůči výkyvům podnebí (LOŽEK, 1973). Během čtvrtohor došlo ke snížení počtu druhů evropských dřevin, řada z nich zde vyhynula. Z jehličnanů se jednalo o některé druhy z rodů smrk (*Picea*), jedle (*Alnus*), douglaska (*Pseudotsuga*), jedlovec (*Tsuga*) a sekvoje (*Sequoia*), z listnáčů druhy z rodů vilín (*Hamamelis*), lískovniček (*Corylopsis*), foterčila (*Fothergilla*), česnekovník (*Cedrela*) a zmarličník (*Cercidiphyllum*) (SCHMITHÜSEN, 2003). Ve Středomoří se vytvořila jedinečná subtropická podoblast s výskytem tvrdolistých suchomilných (xerofytních) křovin a doubrav. Směrem k rovníku byly klimatické změny menší (SAMEC, 2008).

Na počátku pleistocénu se spojily Severní a Jižní Amerika a v Antarktidě vznikl ledovcový příkrov. Na Zemi došlo k poklesu teplot, pravděpodobně kvůli spotřebě CO<sub>2</sub> lesy a jeho snížené produkci sopečnou činností, a hladina moře se snížila, což umožnilo snadnější přesuny živočichů mezi kontinenty (ZIEGLER, 2002). Nejstarší období čtvrtohor začalo ochlazením (Pretegehlen, brügen), díky kterému ustoupily náročnější dřeviny a rozšířily se odolnější porosty s převahou jehličnanů, např. smrk a borovice. V následujících teplých obdobích (Telegen, waal) se opět objevily náročnější dřeviny, ale ne v takové míře. Porosty tvořily současné rody dub, buk, lípa (*Tilia*), jilm, jasan a olše, z náročnějších šácholan, kaštanovník (*Castanea*), korkovník, ořechovec, lapina, Eucommia či habrovec (*Ostrya*). Některé rody známé z reuveru se však nevyskytovaly, především pajehličník, tisovec, ambroň a tupela (LOŽEK, 1973).

V období günz-mindel (cromer) bylo rostlinstvo podobné současnému. V lesích převažovaly dub, habr, lípa, jilm, javor (*Acer*) a jasan, náročnější prvky (kromě *Eucommia*) tvořily jen příměs.

V období mindel následovalo velké ochlazení, během kterého nastalo rozsáhlé zalednění severní Evropy. Teplomilné prvky ustoupily, převažovaly otevřené formace rázu studené kontinentální stepi, případně tundry (LOŽEK, 1973). Buk lesní (*Fagus sylvatica*) byl vlivem mindelského zalednění úplně vytlačen ze střední Evropy a vyskytoval se v nesouvislých porostech kolem Středozemního a Černého moře (OPRAVIL, 1969). Na příznivějších místech se z dřevin udržely zejména bříza (*Betula*) a borovice lesní (*Pinus sylvestris*). Tento vegetační ráz je význačný pro všechny následující pleniglaciální úseky studených období (LOŽEK, 1973).

V období mindel-riss se buk lesní vrátil do střední Evropy, ale nezasahoval příliš daleko za 50° s. š. V jižní Evropě se vyskytoval především na Apeninském poloostrově a pravděpodobně i na Balkánu (OPRAVIL, 1969).

V období poslední doby meziledové (riss-würm, eem) se na severu Evropy vyskytovala vegetace podobná dnešním tundrám, jižněji lesy borové, březové, olšové a lužní a dále lesy bukové a dubové (ACOT, 2005). Celá střední Evropa byla během riss-würmu, narozdíl od období holocénu, téměř souvisle zalesněná a toto zalesnění značně potlačilo polootevřené a otevřené xerothermní formace. V chladném počátku riss-würmu převažovaly porosty jehličnanů a břízy, později smíšené a listnaté lesy a nakonec opět jehličnany, zejména smrky, jedle a borovice (LOŽEK, 2007). Buk lesní se rozšířil do střední Evropy, ale ne dál než do povodí Dunaje (OPRAVIL, 1969). V tomto období na našem území běžně rostl smrk omorika (*Picea omorica*), přestože v současnosti se zde přirozeně nevyskytuje (CÍLEK et. al., 2003). Z živočichů se v listnatých lesích vyskytovali jelen (*Cervus*), bizon (*Bison*) a nosorožec srstnatý (*Coelodonta antiquitatis*), v jehličnatých lesích převažovali losi (*Alces*), kuna (*Martes*) a veverka (*Sciurus*) (ACOT, 2005).

V rámci poslední doby ledové (würm, viselský glaciál) se vyskytovala teplejší a studenější období. Počátek würmu byl chladný, poté následoval eoglaciál – poměrně dlouhé období s několika teplejšími výkyvy. V těchto teplých výkyvech byly ve střední Evropě v oblastech pahorkatin a nižších vrchovin pásy řídké tajgy (LOŽEK, 2007). Během těchto období se na našem území rozšiřovaly i náročnější listnaté



dřeviny, např. dub, javor a jasan (CÍLEK et. al., 2003). Z živočichů se vyskytovaly méně náročné druhy s hojnými velkými savci, např. mamut (*Mammuthus*), nosorožec srstnatý, jelen, los, tuři, bizoni, prase (*Sus*), rosomák (*Gulo*), medvěd jeskynní (*Ursus spelaeus*), hyena a lev (*Panthera*), z drobnějších savců hryzec vodní (*Arvicola terrestris*). Vlastní subarktické prvky však zatím chyběly (LOŽEK, 1973). Tropické lesy z doby meziledové zůstaly ve würmu zachovány, pouze se ze souvislého lesního porostu staly ostrůvky obklopené savanami (CÍLEK et. al., 2003).

V pleniglaciálu, vrcholném období würmu (před 60 000-15 000 lety) nastal v Evropě celkový ústup lesa. Na našem území se ve vyšších polohách vyskytovaly hole, mnohem sušší než současné hole v horách, ve kterých se objevovaly odolné dřeviny, např. borovice a modřín (*Larix*) (LOŽEK, 2007). V době 30 000-25 000 let př. n. l. na našem území převažovaly stepi a tundry. Pouze v teplejších a vlhčích oblastech se vyskytovaly borovice, bříza, osika, vrba (*Salix*) a rakytník (*Hippophae*), které však nevytvářely semknuté lesní porosty (PRŮŠA, 1990). Menší zalesněné oblasti se vyskytovaly pouze v teplejších oblastech. Šlo pravděpodobně o porosty modřínu a borovice limby (*Pinus cembra*) (PRŮŠA, 1990; KADRNOŽKA, 2008). Mrazy v období würmu byly nejsilnější před 18 000 lety. V této době byl sever Evropy pokrytý ledem (KADRNOŽKA, 2006). Severoevropské zalednění zasahovalo až k území dnešního Berlína a hladina Světového oceánu byla nejméně o 120 m níž než dnes (LOŽEK, 2001). Průměrná roční teplota v českých zemích činila -2 - -3 °C a srážky byly oproti současnosti poloviční. Z dřevin se u nás vyskytovaly ostrůvkovitě smrky, plazivé břízy a další zakrslé stromy (CÍLEK et. al., 2003). Z živočichů se objevily subarktické prvky. Mamut, nosorožec srstnatý, kůň (*Equus*) a velké šelmy v lesích zůstali, ale náročnější druhy ustoupily (LOŽEK, 1973). V jižní Evropě a na Pyrenejském poloostrově se vyskytovaly izolované ostrůvky stromů. Ale v Japonsku tvořily lesy souvislé porosty a v Severní Americe byly rozsáhlé oblasti zalesněné smrky a borovicemi (KUTÍLEK, 2008). Na sklonku pleniglaciálu nastal v Evropě ústup zalednění. V nadmořské výšce odpovídající dnešnímu 3. lesnímu vegetačnímu stupni (dubobukovému) se vyskytovaly vlhčí formace s ostrůvky odolných dřevin. V jihovýchodním předhoří slovenských Karpat se táhl pás horských lesů asi do 600 m. n. m. (LOŽEK, 2007).

V tardiglaciálu, posledním období würmu (před 15 000 – 12 000 lety), nastaly velké klimatické změny (LOŽEK, 2007). Došlo k oteplení, tání ledovců a s ním

souvisícímu vzestupu hladiny oceánu a podnebí se stalo vlhčím. Díky tomu se lesy rozšiřovaly na úkor stepí, s nimiž ustupovala i megafauna (ZIEGLER, 2002), např. mamut, nosorožec srstnatý, stepní jelen, los, rosomák a sovice sněžná (*Nyctea scandiaca*). Některé skupiny se přesunuly do vyšších nadmořských výšek nebo horských údolí, např. kozorožec (*Capra*), kamzík (*Rupicapra*), sob (*Ranfiger*), medvěd, rys (*Lynx*), svišť (*Marmota*), hraboš sněžný (*Chionomys nivalis*) a zajíc alpský (*Lepus timidus*) (ACOT, 2005). V rámci tardiglaciálu po sobě následovala období nejstarší dryas, bölling, starší dryas, alleród a mladší dryas. Během böllingu a alleródu se na našem území šířily borové a březové lesy, zatímco v chladnějších dryasech převažovala otevřená krajina s tundrovitou vegetací (LOŽEK, 2007).

## 3. Vývoj lesů v holocénu

### 3.1 Úvod

Pojmem holocén nazýváme meziledové období, které nastalo po skončení poslední doby ledové a trvá dodnes. Holocén je v podstatě shodný předchozími meziledovými dobami a odpovídá cyklu střídání dob ledových a meziledových (ROBERTS, 1998). Na počátku holocénu nastalo náhlé zvýšení teploty (CÍLEK et. al., 2003), rychlý ústup ledovců, zvlhčování podnebí a rozrůžňování půd (SAMEC, 2008).

### 3.2 Časný holocén

Časný holocén se z klimatického hlediska vyznačoval rychlým vzestupem teplot, který však byl v prvním období, preboreálu, ovlivněn zpětným zakolísáním. Vzestup teplot byl oproti zvyšování vlhkosti časnější (LOŽEK, 2007). Asi 9 000 let př. n. l. vzniklo v severní Evropě moře, které nazýváme podle zdejších rodů mlžů Yoldiové (ZIEGLER, 2002). Postupné rozšiřování tohoto moře také přispělo ke zvyšování vlhkosti. Díky příznivějšímu podnebí docházelo k šíření lesů a ústupu druhů otevřených ploch (LOŽEK, 2008). V průběhu dalších tisíciletí se rozsah moří v severní Evropě zmenšoval, což mělo vliv na utváření středoevropského mírného podnebí (ZIEGLER, 2002). Převládajícími formacemi na našem území byly nesouvislé světlé háje přerušované otevřenými enklávami stepního rázu. Většina půd, zejména v xerothermních a krasových oblastech, byla humózní a obsahovala  $\text{CaCO}_3$ , což se odrazilo na druhovém složení měkkýšů, které dokládá světlý charakter vegetace. K těmto světlomilným druhům měkkýšů v lesních porostech patřili údolníček žebernatý (*Vallonia costata*), oblovka drobná (*Cochlicopa lubricella*), drobnička válcovitá (*Truncatellina cylindrica*) a druhy vyskytující se i v polootevřených porostech, např. hlemýžď zahradní (*Helix pomatia*), keřovka plavá (*Fruticocola fruticum*) a sítovka suchomilná (*Aegopinella minor*). (LOŽEK, 2007).

#### 3.2.1 Preboreál

Preboreál (8 000-7 000 př. n. l.) se vyznačoval ústupem ledovců a průměrnými ročními teplotami o 5 °C nižšími oproti současnosti (CÍLEK et. al., 2003; SAMEC, 2008). Podnebí bylo celkově sušší a mělo více kontinentální ráz než dnes (CÍLEK et.

al., 2003). Převažoval glejový půdní proces (VINŠ, 1996). S ústupem pevninských ledovců byly severské lesy a tundry vytlačeny teplomilnějšími porosty. V horských oblastech zůstaly zachovány jehličnaté lesy (KUTÍLEK, 2008). Pro preboreál byly typické světlé lesy s převahou borovice a břízy (ACOT, 2005; LOŽEK, 2007). V těchto lesích se roztroušeně objevují náročnější dřeviny, např. líska, dub a jilm, význačné prvky pozdní doby ledové glaciálu naopak mizí (LOŽEK, 1973).

V předhoří Vysokých Tater a Alp se nacházela hlavní místa výskytu modřínu opadavého (*Larix decidua*) a borovice limby. V západní Evropě až k oblasti Krušných hor se rychle rozšířila líska obecná (*Corylus Avellana*) (SAMEC, 2008).

### 3.2.2 Boreál

V boreálu (7 000-5 500 př. n. l.) nastalo výrazné oteplení. Průměrné roční teploty byly o 2 °C vyšší než v současnosti (SAMEC, 2008). Baltický prostor, který byl v preborálu zalitý slaným yoldiovým mořem, se v boreálu oddělil od světového oceánu. Vzniklo tak Ancylové jezero, jehož rozdíl ve slanosti měl vliv na kontinentalitu podnebí i v našich zemích (LOŽEK, 2007). Z půdních typů se tvořily především černozemě (VINŠ, 1996). Díky poměrně mírnému a suchému klimatu se objevovaly hustší porosty lísek a borovic (ACOT, 2005). Líska oproti současnosti zasahovala mnohem dále na sever i do horských poloh a mnohé lískové formace měly ráz xerothermních lesostepí. Stále více se rozšiřovaly smíšené doubravy doprovázené jilmem a později také lípou. Díky vysoké teplotě na jižních svazích a výhřevných podkladech vznikaly otevřené plochy submeridionálních lesostepí (LOŽEK, 1973). V nížinách se objevovaly duboborové lesy, na které ve vyšších polohách navazovaly borové lesy s lískou a dále porosty klečí (*Pinus mugo*) a bříz (RYBNÍČEK et RYBNÍČKOVÁ, 1994 in MORAVEC, 1994). Na počátku boreálu byly největší populace smrku ztepilého v severozápadním Rusku a v severním předhůří Alp. V tomto období se také smrk ztepilý značně rozšířil po celé střední Evropě a v celé jižní Skandinávii až subpolární klimatické hranici stromové vegetace. Rozšíření smrkových porostů způsobilo zánik přítomných borových společenstev, která byla vytlačena až na stanoviště, na kterých dřeviny s vyššími nároky na půdu nemohly prosperovat (SAMEC, 2008). Ve východní Evropě se rozšířil habr obecný z karpatských refugií a stal se významným druhem nížinných

smíšených doubrav (SAMEC, 2008). Habry se vyskytovaly také ostrůvkovitě v severním předpolí Alp, v jižních Čechách a na jihu Českomoravské vrchoviny (SAMEC, 2008 ex OPRAVIL, 1983). Z živočichů mezi prvky severské tajgy patřili vrásenka pomezní (*Discus ruderatus*), závornatka křížatá (*Clausilia cruciata*), blyštivka skleněná (*Nesovitrea petronella*), vrkoč rýhovaný (*Vertigo substriata*) a vrkoč horský (*Vertigo alpestris*). Koncem boreálu nastal prudký vzestup vlhkosti a značný rozvoj vegetace (LOŽEK, 2007).

### 3.3 Střední holocén

Střední holocén byl obdobím klimatického a lesního optima. Rozvoj druhové rozmanitosti lesů však nastal později než vhodné klimatické podmínky, protože migrace nových druhů a ustálení ekosystémů trvalo několik staletí. Průměrné teploty byly oproti současnosti o 1,5-1,8 °C vyšší. Srážkový úhrn byl rovněž vyšší, někdy až dvojnásobný (CÍLEK et. al., 2003).

Typickými lesy středního holocénu byly smíšené doubravy. Směs v těchto lesích tvořily zejména jilm a lípa, které později ustupovaly jasanu. Později došlo k rychlému rozšíření bukových lesů s proměnlivým podílem jedle. Postupně se ustálila výšková zonalita, a vytvořily se tak vertikální lesní vegetační stupně. Doubravy se nacházely v nadm. v. 350-400 m, bučiny ve 400-800 m a vyšších polohách převažovaly smrčiny, nebo byla tato území bez souvislého lesního porostu. Od vzniku zemědělství měl stále větší vliv na vývoj lesů také člověk (CÍLEK et. al., 2003). Období středního holocénu rozdělujeme na atlantik a epiatlantik.

#### 3.3.1 Atlantik

Atlantik (5 500-4 000 př. n. l.) se vyznačuje nárůstem oceánity podnebí. Průměrná roční teplota byla o 3 °C vyšší než dnes a roční průměrný srážkový úhrn byl oproti současnosti o 60 – 70 % vyšší (SAMEC, 2008). Kolem roku 6200 př. n. l. sice došlo k prudkému poklesu teploty až o 4 °C, ale jednalo se jen o krátkodobý výkyv, který neměl na vývoj ekosystémů příliš velký vliv. Mnohem podstatnější byl průnik Středozemního moře do pevniny, díky kterému se v 7. tisíciletí př. n. l. zvýšila slanost Černého moře. V 2. polovině 6. tisíciletí př. n. l. se otevíraly dánské průlivy a slaná mořská voda pronikala do Baltu, kde vzniklo slané Litorinové moře.

Důsledkem těchto vlivů bylo podstatné zvýšení vlhkosti a teplotně vyrovnanější klima (LOŽEK, 2007). Díky vyšším teplotám došlo k výraznému rozrůznění půdních profilů, především díky procesům podzolizace a illimerizace (VINŠ, 1996).

Subtropická, temperátní oceánická i kontinentální vegetace byly na konci atlantiku stejně rozšířeny jako dnes, ale na severu se vyskytovaly podhorské a chladnomilné smíšené lesy. Tyto smíšené lesy byly později nahrazeny tajgou a lesotundrou. Severská hranice stromovité vegetace se podobala současné (SAMEC, 2008).

Na území dnešní České republiky se v nejnižších polohách vyskytovaly tvrdé luhy nebo smíšené doubravy s lískou, lípou a jilmem (SAMEC, 2008), častý byl také výskyt jasanu. Podíl lísky byl stále značný, hojně se vyskytovala i olše. Borovice byla na ústupu, ale stále byla zastoupena ve velké míře. Ve vysočinách převažovaly smíšené horské lesy s lípou, jilmem, jasanem, javorů a smrků a později stále více buk lesní (SAMEC, 2008 ex NEAHÄUSLOVÁ et. al., 1998). V bažinatých smíšených lesích se vyskytovaly rašeliníky, např. rašeliník člunkolistý (*Sphagnum palustre*), rašeliník ostrolistý (*Sphagnum nemoreum*) či rašeliník bradavčitý (*Sphagnum papillosum*), z dalších druhů přeslička bahenní (*Equisetum palustre*), ostřice obecná (*Carex nigra*), ostřice ježatá (*Carex echinata*), ostřice prosová (*Carex panicea*) nebo kyhanka sivolistá (*Andromeda polifolia*) (SAMEC, 2008).

### 3.3.2 Epiatlantik

V období epiatlantiku (4 000-1 200 př. n. l.) začalo klima opět kolísat. Průměrná roční teplota se snížila, přesto však byla o 1-2 °C vyšší než dnes. (SAMEC, 2008). Srážkový úhrn byl oproti atlantiku také nižší. Nejcitelnější změnou však byl výskyt suchých období. Dle pěnovců, mocnosti a vývoje půd se předpokládá, že suchá období trvala 100-200 let (CÍLEK et. al., 2003).

Ze západní Evropy se směrem na východ rozšířila jedle bělokorá (*abies alba*). Došlo také k značnému a rychlému rozšíření buku lesního. Z jihočeských a perialpidních refugií pronikl do alpských a hercynských částí Evropy, z Uherské nížiny a východních pohoří se rozšířil do Západních Karpat. Především z atlantomediteránních refugií se buk lesní rozšířil do atlantické části Evropy (SAMEC, 2008). Ve smíšených doubravách začal převažovat jasan na úkor dubu a lípy. Na sklonku epiatlantiku se značně rozšířil habr (LOŽEK, 1973). Ve středoevropských

horách se šířil smrk. Borovice naopak ustupovala, zejména na oceánském západě, a rozšiřování zapojených lesů vedlo k ústupu lísky (LOŽEK, 2007).

V období epiatlantiku se vytvořily současné vegetační stupně. V nižších polohách se vyskytovaly smíšené doubravy, ve středních polohách bučiny s různými podíly jedle a ve vyšších polohách smrčiny. Vlivem rázu reliéfu a složení substrátu však byla druhová skladba rozdílná. Např. ve střední části Šumavy se výrazně uplatňoval smrk, na Třeboňsku borovice a v Západních Karpatech lípa s příměsí smrku, lísky, javorů a dalších dřevin (LOŽEK, 2007). Horní hranice lesa ve střední Evropě ležela o 200-300 m výš než dnes (SAMEC, 2008). Např. v pohorí Jeseníky v nadm. v. 1300-1400 m. n. m. převažovaly porosty smrku ztepilého a lísky obecné s příměsí lípy (SAMEC, 2008 ex RYBNÍČEK et RYBNÍČKOVÁ, 2004). Z lesních měkkýšů z Alp na Český masív pronikaly druhy řasnatka *Macrogastera densestriata* a z Karpat řasnatka žebernatá (*Macrogastera latestriata*), které se v mladém holocénu stáhly zpět (LOŽEK, 2007).

### **3.4 Mladý holocén**

V období mladého holocénu na našem území plynule ustupovaly doubravy a jejich místo zaujímaly bučiny a smíšené bučiny. V sušších oblastech se na úkor dubu šířil habr. Zvyšoval se i podíl přirozených smrkových porostů. Od 19. století n. l. vlivem člověka začaly převažovat hospodářské smrčiny. Období mladého holocénu se dělí na subboreál, subatlantik a subrecent (CÍLEK et. al., 2003).

#### **3.4.1 Subboreál**

Subboreál (1 200-500 př. n. l.) se vyznačoval podnebím podobným boreálu, ale o něco teplejším. Celkově lze podnebí označit jako kontinentální. Léta byla teplá a zimy podstatně chladnější než dnes. Dle nálezů měkkýšů převládalo sucho a lesy celkově ustupovaly. Zejména v Čechách docházelo k odlesňování a zvýšené erozi (CÍLEK et. al., 2003).

Ve středozevní oblasti nejvíce dešťových srážek spadlo na konci zimního období. Často měly formu přívalových dešťů. To spolu s obdobími sucha a odlesněním

následkem pastvy mělo za následek přeměnu středozemní krajiny z tvrdolistých lesů na současný stav (CÍLEK et. al., 2003).

Do střední a západní Evropy se rozšířil habr obecný. V nížinách byly významně zastoupeny smíšené dubohabřiny, ve středních a horských polohách květnaté bučiny a smrkové bučiny. Pod horní hranicí lesa byly zastoupeny porosty smrku, buku, jilmu a javoru. Nad horní hranicí lesa se vyskytoval souvislý klečový vegetační stupeň (SAMEC, 2008).

Na vývoj lesů měla stále větší vliv činnost člověka, která změnila základní vlastnosti půd. Nejvíce byla ovlivněna druhotně odlesněná území budovaná vápnitými horninami, ve kterých byly po odlesnění rozrušeny již vytvořené odvápněné lesní půdy. Odkryl se tak čerstvý vápnitý substrát. Ten podléhal erozi a byl unášen do údolí, kde pohřbíval vyvinuté lesní půdy. Nastal tak tzv. zpětný (retrográdní) vývoj půd, který podpořil šíření vápnomilných druhů. Citlivé lesní druhy naopak ustupovaly, např. plži vřetenatka šedavá (*Bulgarica cana*) a řasnatka lesní (*Macrogastera plicatula*) (LOŽEK, 2007).

Kolem roku 1000 př. n. l. k náhlé změně životního prostředí, označované podle kultury toho období jako „lužická krize.“ Původní smíšené lesy ustoupily a jejich místo zaujaly oligotrofní bory. Zmizela i část bylinného patra (CÍLEK et. al., 2003).

### **3.4.2 Subatlantik**

Podnebí subatlantiku (500 př. n. l.-600 n. l.) by se dalo charakterizovat jako celkově studenější a vlhčí (CÍLEK et. al., 2003), oproti současnosti více oceánické (SAMEC, 2008). Pro toto období jsou typická chladná léta. Roční úhrny srážek narůstaly (SAMEC, 2008).

Nastalo celkové šíření lesů, a to i na Apeninském poloostrově (CÍLEK et. al., 2003). V severozápadní Evropě a Pobaltí se rozšířily smíšené doubravy, směrem na sever se stále větší příměsí lípy. (SAMEC, 2008) V severoevropské tajze převažovaly borosmrkové porosty (COWLING et. al., 2001), zatímco ve střední Evropě zejména bukojedlové a habrové porosty. V doubravách převládl dub. Líska výrazně ustoupila. Olše a borovice byly významněji zastoupeny pouze v některých příznivých oblastech. Došlo také k ústupu náročnějších druhů ve vyšších polohách a snížení horní hranice lesa (LOŽEK, 1973).



### 3.4.3 Subrecent

V subrecentu (600 n. l. - současnost) se stalo podnebí v Evropě výrazně kontinentálnějším a sušším. Tento stav vrcholí současnou klimatickou změnou. Období subrecentu rozlišujeme malé středověké optimum, malou dobu ledovou a teplé období, které trvá dodnes (SAMEC, 2008).

V období malého středověkého optima došlo k ústupu polárních ledovců a trvale zmrzlé půdy z Grónska, Islandu či Newfoundlandu. Ve vnitrozemí kontinentů nastal celkově sušší ráz klimatu, často se vyskytovala periodická sucha. Ve střední Evropě byly teploty o 1,7 °C vyšší než dnes (SAMEC, 2008). Kácení lesů, které zasáhlo i dosud zalesněné horské oblasti, vedlo k vysušování, což mělo za následek ústup vlhkomilných lesních druhů a šíření světlomilných dřevin (LOŽEK, 1973). Během velké středověké kolonizace v 11.-13. století se na Českomoravské vrchovině původní téměř souvislý prales měnil na mozaiku polí, luk, pastvin, trvalých sídlišť a zbytkových lesů. Šířily se zejména druhy otevřené krajiny na úkor lesních. Z lesních druhů dřevin se šířily především pionýrské druhy, např. borovice a bříza. Přirozený vývoj lesů probíhal v místech, které nebyly osídleny, zejména v horských oblastech. Rozšířily se především buk, jedle a habr (LOŽEK, 2007).

Během malé doby ledové převažovala chladnější léta. Zpočátku byly časté letní povodně, později se rozšiřovaly ledovce. Rozšíření horských ledovců bylo nejvýraznější v Alpách. Zde již po roce 1417 teploty klesly pod 1 °C, na některých místech i pod 0 °C. Díky ochlazení zanikla stromovitá vegetace na pobřeží Grónska (SAMEC, 2008). Nejstudenejší cyklus malé doby ledové probíhal v letech 1680-1730. Např. v Anglii bylo v této době vegetační období o pět týdnů kratší než během nejteplejších desetiletí ve 20. století (FAGAN, 2007). V Severní Americe nebyly změny tak výrazné. Došlo pouze k mírnému snížení teplot a zvýšení srážek. K mnohým ekologickým změnám docházelo jen lokálně (SAMEC, 2008).

Po skončení malé doby ledové začaly teploty vzrůstat. Rozsáhlé odlesňování vyvolalo degradaci lesních geobiocenóz. V severoatlantických částech Evropy proto místo původních lipových doubrav zaujímaly druhotně rozšířené bučiny. Ve střední Evropě byly některé květnaté bučiny degradovány na kyselé bučiny a docházelo k druhotnému šíření horských smrčín (SAMEC, 2008).

Konec 19. století se na našem území vyznačoval vlhčím a studenějším chodem podnebí. Mnoho lesů bylo podmáčených (CÍLEK et. al., 2003).

## **4. Předpokládaný vliv klimatických změn na lesy v České republice**

### **4.1 Úvod**

Případná globální změna klimatu vyvolaná nárůstem koncentrace skleníkových plynů atmosféře je celosvětově považovaná za jeden z nejvýznamnějších globálních problémů současnosti, přestože není dosud zcela objasněná. Právě nejasnosti v klimatických pochodech, regionální rozdíly v průběhu klimatických změn a krátkodobé výkyvy a odchylky od obecného vývoje brání přijetí účinných politických a ekonomických opatření na mezinárodní úrovni (POLENO et VACEK, 2007a). Problematiku dopadů změny klimatu na lesy a lesní hospodářství v České republice je třeba chápat jako reakci porostů lesních dřevin na působení změněných stanovištních podmínek v důsledku změny klimatických činitelů a přímého působení zvýšené koncentrace CO<sub>2</sub>. Případná změna klimatu tedy bude mít vliv na využitelnost stanoviště pro pěstování lesních dřevin i na změnu nároků a tolerance lesních dřevin ke stanovištním podmínkám (JANOŠ et al., 2002).

Při pozorování změn na hospodářsky využívaných plochách se vlivy změny klimatu překrývají s vlivy hospodářských zásahů, což znemožňuje oba vlivy spolehlivě oddělit, bilancovat a hodnotit. Význam má tedy výzkum v přírodních a přirozených lesích, kde je vliv člověka minimální (PRŮŠA, 1990).

### **4.2 Scénáře změny klimatu**

V souvislosti s Rámcovou úmluvou o změně klimatu probíhají mimo jiné i územní studie změny klimatu. Patří k nim také územní studie zpracovaná v České republice, jejíž základní součástí byly práce v oblasti klimatologického výzkumu a výsledkem regionální scénáře klimatické změny pro Českou republiku. Scénáře byly vztaženy k referenčnímu období (výchozímu stavu) v letech 1961-1990. K vytvoření potřebné klimatické databáze byly využity údaje Českého hydrometeorologického ústavu (ČHMÚ) z klimatických stanic o průměrných měsíčních teplotách, měsíčních úhrnech atmosférických srážek a globálním záření (MOLDAN et SOBÍŠEK, 1996).

Ve spolupráci s řídicím týmem Územních studií (CSMT) byly použity výstupy čtyř významných globálních klimatických cirkulačních modelů - CCCM, GFD30, GISS a GFD01. První tři patří mezi modely provádějící rovnovážné studie: Do modelu se

dosadí současná koncentrace CO<sub>2</sub> a vypočítají se charakteristiky tzv. kontrolního klimatu (1 x CO<sub>2</sub> simulace), což by mělo odpovídat současným klimatickým poměrům. Poté se provede výpočet s dvojnásobnou koncentrací CO<sub>2</sub> (2 x CO<sub>2</sub> simulace). Rozdíl mezi těmito simulovanými rovnovážnými stavy představuje modelovou odezvu klimatického systému na radiační poruchu způsobenou zdvojením obsahu CO<sub>2</sub> v atmosféře. S modelem GFD01 se provádějí tzv. transientní studie: V průběhu výpočtu se koncentrace CO<sub>2</sub> postupně zvyšuje o určitou hodnotu. Z těchto čtyř modelů byl jako základní varianta pro scénář klimatických změn v České republice vybrán model GISS a jako druhá varianta model CCCM, protože nejlépe vystihují zdejší klimatické poměry (MOLDAN et SOBÍŠEK, 1996).

Scénáře předpokládají zvýšení průměrné teploty v roce 2010 o 0,7-1 °C, v roce 2030 o 1,4-2 °C a v roce 2075 o 3,1-4,2 °C. Nárůst teploty by měl být větší v zimě a menší v létě. Roční úhrn srážek by měl dle scénářů vzrůst v roce 2010 o 2-4 %, v roce 2030 o 3-8 % a v roce 2075 o 7-16 %. Největší nárůst nastane pravděpodobně v zimě (MOLDAN et SOBÍŠEK, 1996).

Odhady změn klimatu se v regionálním měřítku v rámci jednotlivých modelů podstatně liší. Pro zjištění citlivosti odhadů v jednotlivých oblastech na předepsané změny teplot nebo srážek byl navržen tzv. přírůstkový scénář, ve kterém jsou předepsané změny ročního chodu teploty kombinovány se zvolenými variantami změn ročního chodu srážek (KALVOVÁ, 1995; MOLDAN et SOBÍŠEK, 1996).

### **4.3 Změny v lesních ekosystémech**

Schopnost ekosystémů vyrovnat se s působením vnějších i vnitřních vlivů je vyjádřena mírou ekologické stability. Ekologicky stabilní ekosystémy se s těmito vlivy dokážou vyrovnat. Ekologicky labilní ekosystémy, např. smrkové monokultury v nižších polohách, mají nedokonale vyvinuté autoregulační mechanismy a nejsou schopny překonat působení vnějších vlivů nebo se vrátit po případné změně k výchozímu vztahu (POLENO et VACEK, 2007b). Na snížení ekologické stability měly významný vliv změna druhové a věkové skladby lesů v minulých staletích a průmyslové imise, jejichž působení dosud neodeznělo. Současné klimatické extrémy pak ještě výrazně zvyšují hrozbu kalamit (PODRÁZSKÝ, 2009). Tyto problémy se

na území České republiky týkají zejména smrkových porostů zakládáných a pěstované mimo jejich přirozenou oblast výskytu (MRÁČEK et PAŘEZ, 1986).

Oteplování v kombinaci zvýšeného množství CO<sub>2</sub> a dusičnanů povede ve středních zeměpisných šířkách k rychlejšímu rozvoji lesa, zejména listnatého (CÍLEK, 2006). Dřeviny mohou na zvýšené množství CO<sub>2</sub> reagovat změnami v celkovém růstu, přesunem asimilátů a podporou růstu nadzemních částí s následnými změnami v mechanické i fyziologické stabilitě (MOLDAN, 1993). Horní hranice lesa se bude posouvat do vyšších nadmořských výšek (CÍLEK, 2006).

Významné změny odehrají v průběhu 50-100 let, případně během 200 let. Na lesní ekosystémy budou mít předpokládané klimatické změny nepříznivý vliv. Především dlouhověké lesní dřeviny by se s takto rychlými změnami těžko vyrovnávaly, což by vedlo ke zhoršení jejich růstových vlastností, schopnosti rozmnožování a snížení odolnosti vůči choroboplodným organismům. Během několika desítek let nemůže u lesních dřevin dojít k přizpůsobení novým podmínkám, ale pouze k vzrůstovým odchylkám. V přírodních lesích by k přizpůsobení mohlo dojít pouze nastěhováním lépe vybavených populací, např. z jižněji položených území nebo nižších vegetačních stupňů. V hospodářských lesích by byla možná umělá obnova dovozem osiva ze vzdálenějších oblastí. V tomto případě by vznikl problém, zda upřednostnit odlišné provenience původního druhu, nebo vyměnit druhy lesních dřevin. Pokud by klimatické změny probíhaly rychle, postihly by i současnou generaci lesních dřevin (VINŠ, 1996; POLENO et VACEK, 2007a). Potom by přežily především dřeviny a populace se širokou, geneticky podmíněnou proměnlivostí (MASER, 1996; POLENO et VACEK, 2007a). Do budoucna se předpokládá se zejména zvyšování podílu kontinentálních druhů, které jsou schopny růst v teplejších a sušších podmínkách (BURIÁNEK, 1999 in ŠRÁMEK et VANČURA, 1999).

Ve střední Evropě představuje zvýšení teploty o 1 °C z hlediska zeměpisné šířky posun vegetace o 100-150 km od jihu na sever. Změny klimatu by ve střední Evropě vedly k uplatňování teplomilných druhů (např. ze Středozeří) a k ústupu středoevropských druhů na sever a do hor. Pokud bude posun vegetace rychlejší než změny klimatu, nastane sukcese směřující ke vzniku nových ekosystémů. V opačném případě lze očekávat rozpad přirozených lesů, zvláště v oblastech, kde jsou lesní dřeviny již nyní na hranici svého možného výskytu. Rychlost migrace evropských dřevin je malá. U dřevin s lehkými, snadno se rozšiřujícími semeny se předpokládá

se přibližně 50 km za 100 let. U dřevin s velkými těžkými semeny bude rychlost migrace podstatně nižší. Ve střední Evropě tedy bude pravděpodobně rychleji probíhat klimatická změna (VINŠ, 1996; POLENO et VACEK, 2007a).

Podíl ploch klimatickými podmínkami 1.-3. lesního vegetačního stupně (LVS) se v roce 2030 zvýší na lesní půdě ze současných 21 % na 47 %. Úměrně k tomu se sníží podíl ploch s klimatickými podmínkami 4. – 8. LVS (MOLDAN et SOBÍŠEK, 1995 ex KOPECKÁ et BUČEK, 1994). Změny klimatu by se měly dotknout nejméně 3. – 5. LVS, z edafických kategorií je nejméně zranitelná obohacená řada (VINŠ, 1996).

Pro výskyt lesních dřevin však má největší význam úhrn srážek a jejich rozložení během roku. Zvýšení teplot by mohlo mít příznivý vliv na růst dřevin v oblastech s nízkou teplotou a dostatkem srážek (POLENO et VACEK, 2007a).

Případné změny klimatu však mohou mít lokálně i regionálně na lesní ekosystémy příznivý vliv, zejména pokud je teplota vzduchu stanovištním faktorem v minimu. Rostoucí koncentrace CO<sub>2</sub> v ovzduší může mít za následek zvýšení přírůstu lesů. Oteplení může mít příznivý vliv i na fruktifikaci dřevin (POLENO et VACEK, 2007a).

#### **4.4 Abiotické vlivy**

U teploty lze očekávat zvýšení především v zimě a v noci. Z vertikálního hlediska se budou zvyšovat především přízemní teploty. Pravděpodobně dojde k prodloužení období, ve kterém se teploty pohybují kolem nulové hodnoty, což vytvoří podmínky pro vznik mrazových trhlin v kmenech dřevin (VINŠ, 1996). Postupné oteplování klimatu by nemělo způsobit výrazné odumírání lesních porostů. Častější extrémní výkyvy počasí (zvláště náhlé kolísání teplot v zimě a brzy na jaře, nedostatek srážek v důležitých částech vegetačního období a přívalové deště) však mohou mít za následek větší poškození lesních ekosystémů a ztráty v lesním hospodářství. Hrozí i častější poškození sněhem a námrazou (VINŠ, 1999 in ŠRÁMEK et VANČURA, 1999). Předpokládá se také častější výskyt ničivých vichrů a jejich ničivější dopad na lesní ekosystémy. Větrné kalamity budou mít větší dopad i na přírodní a přírodě blízké bohatě strukturované lesy, které by mohly být následně poškozeny nebo zničeny zejména kůrovcem (REMEŠ et al, 2007).

Může dojít také ke změně v radiační bilanci lesů, zejména ve velikosti albeda, jehož příčinou může být kromě změny druhové skladby v lesích i řídnutí zápoje porostů, ke kterému dochází z důvodu snížené vitality dřevin (VINŠ, 1996). Na zdravotní stav lesů má vliv i UVB záření, jehož nárůst je způsoben úbytkem stratosféricko ozónu v důsledku působení chlorofluorokarbonových látek. Schopnost zadržovat UVB záření se snižuje v obdobích s nízkou oblačností, nižší vlhkostí vzduchu a slabým zákalem, tedy s vlivy podléhajícími změnám klimatu. UVB záření poškozuje buňky a chloroplasty rostlin a může ovlivnit jejich tvar i tvorbu chemických látek v pletivech. Tyto vlivy mohou ovlivnit růst dřevin a následně lesní primární produkci a výnosy ze dřeva (VINŠ, 1996).

#### **4.5 Choroby a škůdci**

Změna klimatu by mohla mít za následek také významnější ohrožení lesních dřevin choroboplodnými (patogenními) organismy, které jsou díky své krátkověkosti schopny rychleji se přizpůsobit podmínkám prostředí (POLENO et VACEK, 2007a).

Z hlediska houbových chorob lze očekávat zavlečení nových chorob a kmenů choroboplodných hub. Např. u houby *Ophistoma ulmi*, způsobující grafiózu jilmů, byly v posledních desetiletích zjištěny nejméně tři nové zhoubné kmeny (VINŠ, 1996). Obavy vzbuzují i změny patogenních vlastností u hub dříve hospodářsky nevýznamných nebo vzácných, mezi které patří např. rez sosnokrut (*Melampsora pinitorqua*) či rez jehlicová (*Coleosporium tussilaginis*). (VINŠ, 1996). Dojde také k uplatnění principu náhlého patogena (JANOUSH, 2002). Zvýší se riziko napadení kořenového systému václavkou (*Armillaria*), červenou hnilobou kořenovníku vrstevnatého (*Heterobasidion annosum*) a riziko narušení fyziologických procesů dřevin vaskulárními mykózami (ROŽNOVSKÝ, 2006 in BARROS, 2006).

Z lesních škůdců má význam především hmyz. Pokud jsou porosty již oslabené suchem, které má obvykle souvislost s oteplováním, má býložravý hmyz žijící na stromech velmi dobré podmínky ke gradaci. To platí nejen pro známé hmyzí škůdce, ale i pro hospodářsky málo významné druhy (KAPITOLA, 1999 in ŠRÁMEK et VANČURA, 1999). V souvislosti se změnou klimatu lze očekávat zvýšení četnosti a prodloužení gradací ze stávajících škůdců zejména u listožravého, podkorního a savého hmyzu (JANOUSH et al., 2002). U listožravého hmyzu lze přemnožení

z důvodu klimatických změn nejlépe prokázat, protože na rozdíl od podkorního hmyzu nebývá hospodařením v lesích přímo ovlivněn. Z podkorního hmyzu je změna klimatu pravděpodobnou příčinou přemnožení lýkožrouta severského (*Ips duplicatus*), který se až do 90. let 20. století, kdy došlo k jeho velkému přemnožení, vyskytoval především na severu Evropy a u nás byl vzácný (KAPITOLA, 1999 in ŠRÁMEK et VANČURA, 1999).

Vlivem oteplování klimatu může také významně vzrůst nebezpečí ohrožení lesních porostů dřevními háďátky. V České republice se dřevní háďátka vyskytují spíše ojediněle, ale v případě jejich zavlečení a rozšíření by mohla způsobit značné škody (VINŠ, 1996).

Změny klimatu mohou vést také k aktivizaci tzv. překvapivých škůdců. Z nových škůdců hrozí především rozšíření minovačů. (JANOUS et al, 2002).

#### **4.6 Znečištění ovzduší**

Znečištění z průmyslu, dopravy a intenzivního zemědělství vede ke zhoršení zdravotního stavu porostů a snížení ekologické stability lesního ekosystému. Při současném působení extrémních výkyvů počasí pak může vést až k rozpadu porostů (VINŠ, 1999 in ŠRÁMEK et VANČURA, 1999). Je pravděpodobné, že k rozpadu porostů dojde zejména ve smrkových a borových monokulturách (KALVOVOVÁ et MOLDAN, 1995). Předpokládá se, že v České republice změny klimatu ohrozí přibližně 29 % smrkových porostů. U dalších 53 % smrkových porostů je možné označit pěstování za rizikové. Celkem se jedná o 45 % rozlohu lesů v České republice (ROŽNOVSKÝ, 2006 in BARROS, 2006).

K nepřímo vznikajícím (sekundárním) znečišťujícím látkám, které mohou ohrozit lesní porosty, patří přízemní ozón, jehož koncentrace se značně zvýšily s růstem automobilové dopravy. Ozón patří mezi nejsilnější oxidační činidla. U rostlin poškozují buněčné membrány a narušuje fotosyntézu. Je toxický i pro živočichy. Vlivem přízemního ozónu může docházet až k odumírání lesních porostů. Na území České republiky jsou nejohroženější lesy ve vyšších polohách pohraničních hor, které byly dříve poškozovány přímo vznikajícími (primárními) znečišťujícími látkami (BOROVANSKÝ et KASTNER, 2003).



## 4.7 Půda

Půda je jedním ze základních činitelů podmiňujících stabilitu lesních ekosystémů. Při hodnocení vlivů změn klimatu na stav a vlastnosti lesní půdy je třeba počítat s různě dlouhou odezvou jejích částí. V chemismu půdního roztoku lze pozorovat odezvu okamžitou nebo během několika dnů či týdnů, v posloupnosti vrstev nadložního humusu se změna projeví nejpozději do 5 let a prokazatelnou odezvu na probíhající změnu prostředí přímo v morfologii vlastního půdního profilu lze za běžných okolností očekávat minimálně za 10 let (JANOUSH, 2002). Zvyšování teploty o a vlhkosti vede ke zrychlení rozkladných procesů a koloběhu prvků (VINŠ, 1999 in ŠRÁMEK et VANČURA, 1999). Obecně se předpokládá, že z hlediska sorpčních vlastností a minerální bohatosti půd dojde díky zvýšenému koloběhu prvků k prohloubení rozdílů v úrodnosti mezi úrodnými a neúrodnými půdami. Z hlediska přístupnosti fyziologicky využitelné vody a nároků jednotlivých dřevin dojde v rámci celých rostlinných společenstev k výrazným sukcesním změnám, což bude mít za následek změnu působení těchto společenstev na lesní půdy. Díky změnám v rozložení srážek během roku dojde k výraznému zvýšení nebezpečí svahových posunů a plošných sesuvů. Významná bude očekávaná změna rozložení srážek s obdobími sucha následovanými přívalovými dešti a sněhovými bouřemi. Pravděpodobně dojde také k celkovému snížení zásob půdní vody. Častější klimatické výkyvy budou mít kromě přímých dopadů na lesní půdu i dopady nepřímé - zvýšení škod způsobených živými organismy bude výrazně ovlivňovat vstupy do půdy (JANOUSH et al., 2002).

Dopad změn půdních vlastností na lesní hospodářství v České republice není možné přesně určit, protože působení mnoha činitelů je v podstatě protichůdné. Lze však očekávat nástup suchých období, která v době ukončené dormance mohou mít u mnoha hospodářsky významných dřevin výrazně nepříznivý dopad na produkční i celospolečenské funkce lesa. Z hlediska možných změn v půdách nejsou celkově lesy v České republice ohrožené, ale tyto dopady mohou být regionálně velmi odlišné. Očekává se výrazné lokální snížení stability lesních ekosystémů v důsledku zvětšení vzdušného proudění a přítomnosti azonálních a intrazonálních podmáčených půd, dále úbytek dusíku a další minerálních půdních živin (JANOUSH et al, 2002). S úbytkem živin by se však lesní ekosystémy měly vyrovnat (VINŠ, 1999 in ŠRÁMEK et VANČURA, 1999). Vliv na fyziologické pochody rostlin, na složení a

životaschopnost půdní flóry a fauny může mít i zvýšená koncentrace CO<sub>2</sub> v půdních pórech (VINŠ, 1996).

Na půdu a její vodní režim může v součinnosti se změnami klimatu mnohem více působit přímé ovlivňování člověkem. Patří sem zejména eroze na husté síti lesních cest způsobená používáním těžkých strojů (VINŠ, 1999 in ŠRÁMEK et VANČURA, 1999).

Změny klimatu mohou mít vliv i na půdní organismy. Zvýšení teploty a snížení půdní vlhkosti by pravděpodobně vedlo k celkovému snížení počtu půdních mikroorganismů, např. prvoků, kvasinek a řas, ale především aerobních bakterií. Úbytek aerobních bakterií by poté vedl ke snížení biologické mineralizace a k následnému úbytku některých prvků, především dusíku. Snížení počtu mikroorganismů by dále vedlo k poklesu dalších půdních organismů závislých na jejich výživě, např. roupic (čeleď *Echytraeidae*) (VINŠ, 1996).

## **4.8 Současný stav lesnický významných dřevin a jejich reakce za změny podmínek prostředí**

### **4.8.1 Úvod**

Pro zkoumání vlivu změn prostředí na dřeviny lze využívat některé provenienční výsadby. Obzvláště vhodné jsou ty, které obsahují potomstva dílčích populací z celé oblasti rozšíření (VINŠ, 1996; POLENO et VACEK, 2007a). BURIÁNEK, 1999 in ŠRÁMEK et VANČURA, 1999 zmiňuje zkoumání přizpůsobivosti druhů vybraných lesních dřevin mírného pásma na možné změny klimatu, při kterém se vycházelo z klimatogramů ze stanic v místech přirozeného výskytu těchto dřevin a z dat provenienčních výsadeb. Byly zahrnuty i oblasti úspěšné introdukce zkoumaných dřevin. Nejvyšší přizpůsobivost vůči klimatickým podmínkám byla zjištěna u pionýrských dřevin, nejnižší u smrku ztepilého. Řada druhů – nejen pionýrských – má z hlediska teploty i srážek širokou ekologickou valenci. Bylo zjištěno, že při zvýšení teploty o 2 °C nedochází ke snižování výškového přírůstu, u některých dílčích populací dokonce dochází k jeho zvýšení. Snížení výškového přírůstu bylo pozorováno pouze při zvýšení teploty o více než 4 °C a nižším úhrnu srážek (BURIÁNEK, 1999 in ŠRÁMEK et VANČURA, 1999).

Přítomnost nebo nepřítomnost druhu na stanovišti je kromě přímého působení klimatu ovlivněna i konkurencí mezi organismy, vývojem v ledové a poledové době a činností člověka (BURIÁNEK, 1999 in ŠRÁMEK et VANČURA, 1999).

#### 4.8.2 Smrk ztepilý (*Picea abies*)

Z hlediska možných vlivů klimatických změn v České republice je smrk pravděpodobně nejméně stabilní dřevina. Významný podíl na tom má umělé rozšíření smrku jako hlavní hospodářské dřeviny až na okraj jeho možného výskytu. Zejména v produkčních smrkových monokulturách ve 3. a 4. LVS hrozí narušení rovnováhy stávajících porostů (JANOUSH, et al., 2002). Významný nepříznivý vliv může mít především nedostatek srážek a výskyt teplotních extrémů (MOLDAN et SOBÍŠEK, 1995). Zvýšení teploty a snížení vlhkosti by vedlo k ústupu smrčín. V horských polohách s dostatkem srážek by zvýšení teploty sice mohlo zvýšit vitalitu a produkční schopnost smrku (POLENO et VACEK, 2007a), ale zejména starší smrky mohou odpovědět i na menší změnu klimatických podmínek ztrátou schopnosti nahrazovat každoročně odlistěné výhony. V horských polohách lze také očekávat aktivizaci chorob letorostů smrku (např. *Ascocalyx abietina*) a asimilačních orgánů (např. *Lirula macrosporum*, *Lophodermium piceae*). Morký sníh pak může způsobit rozlámání porostů, což následně opět zvýší riziko houbových chorob (např. plíseň šedá - *Botrytis cinerea* či plst'ovka černá - *Herpotrichia nigra*). Pravděpodobně vzroste podíl kořenových hnilob smrku a v důsledku poškození kořenového systému i riziko větrných kalamit. Se změnami klimatu se také zvýší hrozba přemnožení temporálních škůdců. Zhoršený zdravotní stav smrkových porostů a příznivé podmínky pro hmyzí populace zvýší hrozbu přemnožení podkorního hmyzu, zejména lýkožrouta smrkového (*Ips Typographus*). Z podkorního hmyzu se dále budou uplatňovat např. lýkožrout leský (*Pityogenes chalcographus*) či lýkohub matný (*Polygraphus poligraphus*). Z listožavého hmyzu představují hrozbu např. bekyně mniška (*Lymantria monacha*), obaleči, pilatka horská (*Pachynematus Montanu*), pilatka *Pachynematus scutellatus* a ploskohřbetka smrková (*Cephalcia abietis*). Lze očekávat také vzrůst populací savého hmyzu (např. korovnice smrková - *Sacchiphantes abietis* či korovnice pupenová - *Adelges laricis*) a roztočů (např. sviluška smrková - *Oligonychus ununguis*) reagujících na zátěž dřevin v důsledku nedostatku vody, zvýšených depozic dusíku atd. (JANOUSH et al.,

2002). Výškový růst smrku ztepilého se při posunu do prostředí s odlišnými podmínkami příliš nemění. Je tedy možné, aby byl i při předpokládaných klimatických změnách významnou hospodářskou dřevinou, i když v omezenějším měřítku (POLENO et VACEK, 2007a).

#### **4.8.3 Borovice lesní (*Pinus sylvestris*)**

Borovice lesní se vyznačuje vysokou proměnlivostí, velkou oblastí rozšíření a dobrou schopností přizpůsobit se klimatickým podmínkám. Případné změny klimatu by tedy měly borovici postihnout méně než jiné dřeviny (VINŠ, 1996; POLENO et VACEK, 2007a). Přesto i borovici hrozí větší poškození houbovými chorobami. Vzroste význam hub vaskulárního vadnutí a dřevokazných hub (např., *Ophistoma sp.*, kuželovka - *Cytospora sp.*, *Ascocalyx abietina*, *Sirococcus strobilinus* či *Sphaeropsis sapinea*). Poškození hrozí především porostům, kde se už v současnosti projevuje nedostatek vody. Borovici podobně jako smrku ztepilému hrozí i přemnožení temporálních škůdců, zejména listožravého hmyzu (JANOUSH et al., 2002).

#### **4.8.4 Jedle bělokorá (*Abies alba*)**

Jedle se jeví jako vhodná dřevina pro skladbu ekologicky stabilních lesů v souvislosti s očekávanou změnou klimatu, především pokud dojde kromě zvýšení teploty i ke zvýšení úhrnu srážek. Z činitelů ohrožujících zdravotní stav jedle je významná především korovnice kavkazská (*Dreyfusia nordmanniana*), považovaná za jednu z nejdůležitějších příčin ústupu jedle v 70. a 80. letech 20. století. Možné jsou i gradace temporálních škůdců jedle (JANOUSH et al., 2002).

#### **4.8.5 Douglaska tisolistá (*Pseudotsuga menziesii*)**

Z hlediska ochrany lesů a očekávaných změn klimatu je douglaska poměrně bezproblémová dřevina. Jedná se však o nepůvodní dřevinu. Je zde riziko aktivizace skotské sypavky douglasky (*Rhabdocline pseudotsugae*) (JANOUSH et al., 2002).

#### 4.8.6 Modřín opadavý (*Larix decidua*)

Modřín nevykazuje při posunu do jiného prostředí žádné výrazné projevy zhoršené životaschopnosti. Samotné změny klimatu by jej tedy neměly významně zasáhnout (POLENO et VACEK, 2007a). Z hlediska hrozeb ze strany živých organismů nelze vyloučit aktivizaci dřevokazných hub (např. *Phomopsis pseudotsugae*, srpovnička - *Fusarium* sp., bradavkatka - *Valsa* sp., Kuželova, tečkovka - *Phoma* sp., *Trichoscyphella willkomnii*). Lze očekávat především aktivizaci savého hmyzu (např. trásněnka modřínová - *Taeniothrips laricivorus* či korovnice pupenová). Modřín je ze zdravotnického hlediska vhodná dřevina do směsí 3. LVS (JANOUSH et al., 2002).

#### 4.8.7 Buk lesní (*Fagus sylvatica*)

Buk lesní má dobré předpoklady pro genetickou adaptaci na měnící se podmínky prostředí (POLENO et VACEK, 2007a). Mohlo by dojít k rozšíření oblasti pěstování směrem k vyšším polohám. Při oteplení o 1-2 °C by měla zůstat produkce buku stejná, pokud se jako rozhodující vliv neprojeví choroboplodné organismy (POLENO et VACEK, 2007a ex FELBERMEIER, 1994). Zvýšená teplota a vlhkost zvyšují riziko napadení antraknózou (*Apiognomonina errabunda*) a listovým padlím (*Phyllactinia guttata*). V současnosti se začíná ve zvýšené míře projevovat poškození pletiv kambia. Asimilační orgány i tenká borka buku mohou být poškozeny zvýšeným osluněním. U sazenic ve školkách je v posledních letech pozorována změna tvaru a okrajové zasychání čepele listů spolu s tvarovými změnami pupenů, za jejichž příčinu se považují vysoké letní teploty a jejich kolísání a zvýšená aktivita svilušek (JANOUSH et al., 2002).

#### 4.8.8 Duby (*Quercus* sp.)

V současnosti jsou duby na řadě míst poškozeny prosycháním, které pravděpodobně souvisí se stále se zvyšujícím nedostatkem vody. Za těchto podmínek dochází k aktivizaci řady choroboplodných hub. Dále představuje hrozbu zavlečení houby *Ceratocystis fagacearum*, imp. stadium *Chalara quercina*, způsobující tzv. vadnutí dubů na severoamerickém kontinentu. Lze rovněž očekávat zvýšené poškození listové plochy padlím dubovým (*Microsphaera alphitoides*) a listožravým hmyzem (JANOUSH et al., 2002).

#### **4.9 Ekonomické dopady klimatických změn na lesní hospodářství**

K odhadu dopadů klimatických změn na ekonomiku lesního hospodářství se používají ekonomické ukazatele, a to vlastní náklady, tržby, průměrný hodnotový mýtní přírůst, celkový hodnotový mýtní přírůst a průměrný roční hrubý zisk lesní výroby. Důležitý je především celkový hodnotový průměrný přírůst, který vyjadřuje celkový sociálně-ekonomický dopad klimatických změn na společnost, a průměrný roční hrubý zisk lesní výroby, který vyjadřuje ekonomický dopad klimatických změn pouze na vlastní lesní hospodářství, na majitele, správce a nájemce lesa. Uvažuje se s tzv. stálými jednotkovými cenami (náklady) výrobních operací, nikoli s tzv. cenami běžnými, které jsou ovlivněné inflační a tržním vývojem (JANOUSH et al., 2002).

Z hlediska současných ekonomických ukazatelů se v souvislosti s klimatickými změnami předpokládá ekonomický pokles lesního hospodářství daný zejména nutností změny druhové skladby a vyššími vstupy do výroby dřevní hmoty. Přesto mohou změny klimatu v některých oblastech přinést vyšší výnosnost v produkci dřeva. V souvislosti se stanovením ekonomických ukazatelů je třeba sledovat vývoj obchodování s uhlíkem, který může znamenat změny v možném zhodnocení pěstování lesních porostů (JANOUSH et al., 2002).

#### **4.10 Mimoprodukční funkce lesů**

Z hlediska vodohospodářské funkce lesů mohou mít závažné následky změny klimatu spolu se stavem lesního prostředí ovlivněného především lesnickou technikou a technologiemi těžby. Obavy vzbuzuje zejména stále častější výskyt přívalových srážek, který v kombinaci s velkým množstvím lesních cest a jejich stavem zvyšuje nebezpečí eroze. Vodní erozí půd je silně ohroženo 36,5 % plochy vodohospodářsky důležitých lesů. Změny klimatu mohou mít vliv i na rekreační funkci lesů (VINŠ, 1996).

## **5. Doporučení hospodaření v lesích vzhledem k očekávaným klimatickým změnám**

### **5.1 Obecná doporučení**

Přestože názory na změny klimatu a na jejich dopady nejsou shodné, je třeba při dodržení principu předběžné opatrnosti na tyto možné změny reagovat. Preventivní opatření je nutné volit tak, aby při nenaplnění scénářů klimatických změn neměla nepříznivé důsledky (POLENO et VACEK, 2007a). Při navrhování řešení je třeba uvažovat nejen hledisko přírodní, ale i ekonomické, politické, organizační a sociální (VINŠ, 1996). Koncepte komplexního přístupu spočívá v řešení problémů při zohlednění ekologických zákonitostí. Dle závěrů Ministerské konference o ochraně lesů z roku 1993 se v rámci komplexního přístupu soubor preventivních opatření proti důsledkům možných změn klimatu začleňuje do systému trvale udržitelného hospodaření v lesích. V jeho rámci je důležitá podpora opatření na zmírnění klimatických změn a na omezení produkce skleníkových plynů, podpora národního i mezinárodního výzkumu a posílení mezinárodní spolupráce (POLENO et VACEK, 2007a). Konceptní opatření je účelné zaměřit především na celkové zvýšení ekologické a mechanické stability lesů, přírodě blízké způsoby hospodaření, členitější prostorovou výstavbu porostů, obnovní postupy volené s ohledem na abiotické vlivy, péči o okraje lesa atd. (VINŠ, 1996). Stabilitu lesů je třeba podporovat i uchováním genových zdrojů, které zabezpečí biologickou rozmanitost lesních ekosystémů, dále postupnou změnou druhové skladby vedoucí k většímu zastoupení listnatých dřevin a využitím přírodě blízkých způsobů hospodaření (KALVOVOVÁ et MOLDAN, 1995; VINŠ, 1996). Výsledkem snah o uchování genových zdrojů je zřizování sítě genových základů. S ohledem na předpokládané změny klimatu by měla být pozornost věnována především populacím domácích lesních dřevin v teplejších a sušších oblastech jejich výskytu (VINŠ, 1996). Je třeba také omezit účinky nežádoucích vlivů člověka – přímých i nepřímých - a zajistit pružnost lesních ekosystémů a rozrůzněnost hospodářských opatření s ohledem na změnu růstových podmínek i veřejné zájmy (VINŠ, 1996; POLENO et VACEK, 2007a). Dodržování těchto opatření je dlouhodobě výhodné i z ekonomického hlediska. Využívání přírodních procesů snižuje náklady na hospodaření v lesích a zabraňuje vzniku škod, na jejichž nápravu jsou vykládány nemalé výdaje. Navíc by dopady těchto škod se změnami klimatu pravděpodobně rostly (VINŠ, 1996). Plnění

koncepčních opatření nepřímo přispívá i k omezení úniku CO<sub>2</sub> do ovzduší díky jeho poutání v lesích z důvodu rozvoje produkce biomasy. Největší množství CO<sub>2</sub> poutají lesy obhospodařované při delších dobách obmýtí, víceetážové lesy a útvary charakteru výběrného lesa (VINŠ, 1996). Podle HAN et LIU, 2009 je však nejlepším způsobem poutat uhlík ve výrobcích ze dřeva. Zde je uhlík poután dlouhodobě. V lesním hospodářství by tak bylo z hlediska ukládání uhlíku nejlepší intenzivnější těžba (HAN et LIU, 2009).

Zmírnit nárůst koncentrace CO<sub>2</sub> v ovzduší, která i podle neoptimističtějších scénářů překročí do roku 2100 hodnotu 500 ppm (0,05 %), lze také pomocí zalesňování. Plocha lesů je sice omezená a objem uhlíku, který lze poutat, je mnohem menší než uhlík uvolněný spalováním fosilních paliv, ale zalesňování by mohlo být přechodným opatřením, než začne být snižována spotřeba uhlovodíků (BARROS, 2006). V České republice přichází zalesňování v úvahu na půdách vyčleněných ze zemědělského půdního fondu a na rekultivačních plochách, převážně po těžbě nerostných surovin (VINŠ, 1996).

## **5.2 Praktické postupy**

V současnosti se přistupuje k přestavbě lesů, ve které se člověkem nevhodně vytvořené lesní ekosystémy, zejména smrkové monokultury, přetváří v druhově bohatší, prostorově více členěné lesy (POLENO et VACEK, 2007a). Cílem přestavby je fungování autoregulačních pochodů v lese, vyšší ekologická stabilita a větší účinnost v získávání užitků lesa ve smíšených porostech (POLENO et VACEK, 2007b ex VACEK, 2006 in SIMON, 2006).

Při hospodaření v lesích je třeba zohlednit vliv možných změn klimatu u volby dřevin během zakládání a výchovy lesních porostů. Ekologická valence dřevin by měla být dostatečně široká na to, aby zahrnovala současné i budoucí vlastnosti prostředí (VINŠ, 1996 nebo POLENO et VACEK, 2007a). Tento požadavek lze snadněji splnit u dřevin pionýrských, teplomilných a odolných vůči suchu než u dlouhověkých dřevin s atlantickým centrem rozšíření (MOLDAN, 1993; VINŠ, 1996). Vyvarovat bychom se měli používání dřevin mimo oblasti jejich přirozeného rozšíření a také dřevin na hranici jejich přirozeného výskytu, protože tato hranice by



se mohla vlivem změn klimatu posunout, a to ve vertikálním i horizontálním směru (POLENO et VACEK, 2007a).

U některých dřevin – borovice, modřín, bříza, olše, topol osika (*Populus tremula*), dub, habr, jilm habrolistý (*Ulmus minor*), habr, lípa srdčitá (*Tilia cordata*), javor mléč (*Acer platanoides*), javor babyka (*Acer campestre*) a jeřáb břek (*Sorbus torminalis*) - bude uplatňování těchto zásad pravděpodobně bezproblémové. Buk lesní vzhledem k poměrně velkému přirozenému rozšíření a nízkému transpiračnímu koeficientu by měl vůči zvýšeným teplotám vykazovat velmi dobrou přizpůsobivost. Javor klen (*Acer pseudoplatanus*) bude ze stejných důvodů jako buk lesní a navíc díky hlubokému kořenovému systému pravděpodobně také velmi dobře přizpůsobivý (POLENO et VACEK, 2007a).

Smrk ztepilý má přirozené rozšíření výrazně shodné s územím ohraničeným roční izohyetou 800 mm srážek. Právě přirozený výskyt smrku by měl být použit ke stanovení oblastí ohrožených klimatickými činiteli. Nesmíšené smrkové porosty by měly být zakládány pouze v místech původního výskytu. Smíšené porosty se smrkem lze ve středních polohách zakládat na stinných svazích v hlubokých vlhkých údolích. Nedoporučuje se pokračovat v pěstování smrku v nižších lesních vegetačních stupních, kde jsou smrky již v současnosti postiženy suchem. Kromě sucha smrk navíc trpí vývraty a v důsledku změn klimatu se očekává častější výskyt a větší síla bořivých větrů (POLENO et VACEK, 2007a).

Jedle bělokorá dosahuje ve střední Evropě hranice svého rozšíření. Vyskytuje se zde i v nižších polohách, ze kterých však za poslední desetiletí téměř vymizela. Dolní hranice výskytu jedle je pravděpodobně vymezena dostatečnou vlhkostí vzduchu. Při případném oteplení a poklesu vlhkosti lze očekávat ústup jedle do vyšších poloh, zejména jedlových a smrkových bučin, kde jí budou pravděpodobně vyhovovat plochy s lokálně zvýšenou vlhkostí, např. severní svahy údolí a místa s oglejenými půdami. Jedli lze do budoucna využít pouze jako dřevinu příměsnou, ale její význam bude v trvale udržitelném a přírodě blízkém lesním hospodaření vzrůstat, čemuž by mělo odpovídat i její zvyšující se zastoupení (POLENO et VACEK, 2007a).

Z hlediska druhové skladby by se měly tam, kde to podmínky dovolují, upřednostňovat dřeviny, které jsou na daném stanovišti původní (VINŠ, 1996). Uvažuje se však i o možnosti zavádění nepůvodních dřevin, především pro

nejteplejší oblasti České republiky. Obecně musí nepůvodních dřeviny splňovat několik podmínek: Musí být stanovištně vhodné, schopné přizpůsobit se podmínkám prostředí v dané oblasti, nebyť nadměrně ohrožené abiotickými ani biotickými vlivy a musí tvořit vhodné směsi s domácimi dřevinami. Dále musí dlouhodobě udržovat nebo zlepšovat půdní poměry z hlediska koloběhu látek, nesmí šířit nebezpečné choroby ani zhoršovat stabilitu porostů a nesmí být agresivní (VINŠ, 1996 ex OTTO, 1993). Těmto podmínkám plně vyhovuje pouze douglaska tisolistá a jedle obrovská (*Abies grandis*) (VINŠ, 1996), která má oproti douglasce nižší nároky na půdní vlhkost a netrpí zimním vysýcháním letorostů (BERAN et VANČURA, 1991 in ŠINDLÁŘ, 1991). V menším rozsahu by mohly být pěstovány borovice černá (*Pinus nigra*), borovice vejmutovka (*Pinus strobus*) a modřín japonský (*Larix kaempferi*) (VINŠ, 1996). Z listnáčů patří mezi uvažované dřeviny mimo jiné kaštanovník setý (*Castanea sativa*), ořešák černý (*Juglans nigra*), ořechovec vejčitý (*Carya ovata*) a platan západní (*Platanus occidentalis*) (POLENO et VACEK, 2007a). V určitých podmínkách by se mohl využívat i trnovník akát (*Robinia pseudoacacia*) (VINŠ, 1996).

Z hospodářských způsobů obnovy porostů se na našem území jeví jako nejvhodnější způsob maloplošný s formou podrostití nebo násečnou, případně v kombinaci s malými holosečemi, které jsou vhodné především jako formy pro uplatnění přirozené obnovy lesa a k úpravě druhové a prostorové skladby porostů. Z hlediska vodní bilance by také malé holoseče mohly být v nižších polohách příznivějším způsobem obnovy než clonná seč. Velkoplošné holoseče se naopak doporučuje zcela vyloučit (VINŠ, 1996). Vzhledem k současnému stavu lesů a žádoucím úpravám druhové skladby je vhodné kombinovat přirozenou a umělou obnovu porostů a na stanovištích s vhodnými podmínkami upřednostňovat přirozenou obnovu (VINŠ, 1996).

Je třeba využívat veškeré možnosti k uchování vody v lesích. Musí být respektována vodní bilance lesních porostů - dřevin i buřeně - při volbě zásahů, výchově i obnově lesa. Důležitá je i péče o podrosty, lesní a porostní okraje a péče o nadložní humus. Kvůli humusu a ohraně před půdní erozí se nedoporučuje odstraňovat klest pálením (VINŠ, 1996).

Z hlediska vodohospodářské funkce lesů je třeba výrazné rozrůznění způsobů obhospodařování ve vodohospodářsky významných lesích (především v používání pojízdných mechanismů během přibližování dřeva), zajistit odvodnění lesních cest,

navrhovat nové cestní sítě tak, aby nedocházelo k poškození funkčnosti lesa a pečovat o bystřiny i o objekty hrazení bystřin. Je vhodné obnovovat a zakládat malé vodní nádrže i z důvodů zvýšeného rizika požárů v důsledku suššího klimatu (VINŠ, 1996).

## **6. Předpokládaný vliv klimatických změn na lesy v Českomoravské vrchovině**

### **6.1 Přírodní poměry**

Plocha lesní půdy přírodní lesní oblasti (PLO) Českomoravská vrchovina zaujímá 2 564 km<sup>2</sup>. Zahrnuje Jihlavské vrchy, Žďárská vrchy a hřeben Železných hor. Přebvládají zde mírně zvlněné tvary s rozlehlými plošinami a plochými hřbety. Nejvyšší polohy jsou ve střední části. V geologickém podloží přebvládá rula, prostoupená žulou a syenitem, slabě se vyskytuje také fylit, amfibolit, hadec a vápenec (PRŮŠA, 1990). V plochých částech této PLO se vyskytují souvislé plochy kambizemí a hojnější ostrovy pseudoglejí na těžších hlínách. V nižších plošinách a horních částech okrajových svahů jsou zastoupeny typické kambizemě, často oglejené. Na okrajových svazích jsou zpravidla vyvinuty kambizemě typické. Na skalnatých stanovištích se nacházejí různé podskupiny litozemí a rankerů. Méně zastoupené půdní typy jsou podzoly na kyselých stanovištích, gleje a fluvizemě v okolí vodních toků (ÚHŮL, 2001). Z hlediska zrnitosti jsou na rulách půdy většinou hlinitopísčité až písčitohlinité, slabě až středně bohaté. Na fylitech jsou půdy spíše hlinité. Na žule vznikají půdy písčité až hlinitopísčité, se slabými až středními zásobami živin. Středně až dobře zásobené jsou půdy na syenitu, které jsou slabě písčité. (PLÍVA et ŽLÁBEK, 1986).

Podnebí je na většině území mírně teplé a mírně vlhké, ve střední části vlhké a ve vrchovinné a v horské části mírně chladné. Přebvládající lesní vegetační stupeň (LVS) je jedlobukový, tvořící 64 % rozlohy lesů a dále smrkobukový z 24 %, vyskytující se v nejvyšších polohách. Původně přebvládaly lesy bukové (45 %) a jedlové (36 %), v současnosti přebvládají smrkové monokultury, které jsou často poškozované sněhem, větrem, jinovatkou a námrazou. Podíl kalamit činí v dlouhodobém průměru 40 % normálních těžeb, a značně tak omezuje plánovitě lesní hospodářství. Oblast je imisemi poměrně málo poškozovaná (PRŮŠA, 1990).

### **6.2 Historické rozšíření hospodářských dřevin na Českomoravské vrchovině**

Podle historických pramenů se na území Českomoravské vrchoviny vyskytovaly ve 14. století zejména dub letní, jilm habrolistý (*Ulmus minor*), olše lepkavá, líska

obecná a borovice lesní. V 15. století to byly smrk ztepilý, jedle bělokorá, bříza bradavičnatá a dub letní a v 16. století navíc i borovice lesní, topol osika, jedle bělokorá a líska obecná. V 17. století byly používány borovice lesní, dub letní, jedle bělokorá, javor mléč, lípa srdčitá, jasan ztepilý a hrušně (*Pyrrus sp.*) (ÚHÚL, 2001).

V 18. století se vyskytovaly jako hlavní dřeviny jedle bělokorá a smrk ztepilý, dále borovice lesní, dub letní, buk lesní, lípa srdčitá, olše lepkavá, modřín opadavý a bříza bradavičnatá. V relativně nejteplejší jižní části to byly především habr obecný spolu s dubem letním a břízou bradavičnatou. Jednalo se o pařeziny. Ve vyšších polohách převažovaly bukové porosty s vtroušeným dubem letním, habrem obecným a břízou bradavičnatou. Byla zde také zastoupena jedle bělokorá s vtroušeným topolem osikou. Dle údajů z Josefského katastru v jižní a západní části vysočiny převládaly listnáče, především dub letní, buk lesní, habr obecný, topol osika, bříza bradavičnatá a lípa srdčitá, z jehličnanů se objevovala jedle bělokorá a borovice lesní. Koncem století se také objevují počátky umělé obnovy (ÚHÚL, 2001).

V 19. století je již ve velké míře objevoval smrk ztepilý, který byl pěstován v monokulturách asi od roku 1880 na úkor ustupujících listnáčů dubu letního a buku lesního. Dalšími důležitými dřevinami byly borovice lesní, jedle bělokorá a modřín opadavý (ÚHÚL, 2001).

Nepůvodní dřeviny se začaly objevovat především na přelomu 18. a 19. století. Jedná se hlavně o trnovník akát, borovici černou (*Pinus nigra*) a jírovec maďal (*Aesculus hippocastanum*). Na přelomu 19. a 20. století se objevují douglaska tisolistá, borovice vejmutovka (*Pinus strobus*) a borovice limba (*Pinus cembra*) (ÚHÚL, 2001).

### **6.3 Změny klimatu a lesní hospodářství na Českomoravské vrchovině**

Průměrná roční teplota v PLO 16 se v letech 1901 – 1950 pohybovala nejvyšších nadmořských výškách kolem 5 °C, v nižších polohách dosahovala 7 °C. V období 1961 – 1990 průměrná roční teplota dosahovala 6-7 °C. Střední odhad teplot v PLO 16 podle klimatických modelů GISS a GCCM činí pro rok 2010 7-8 °C, v roce 2030 se počítá se zvýšením teploty na hodnoty 8-9 °C, tedy vzrůstem teplot o 2 °C oproti roku 1990 (ÚHÚL, 2001).

Průměrné roční srážky v PLO 16 v letech 1900-1950 se pohybovaly v nižších nadmořských výškách kolem 650 mm a v nejvyšších polohách dosahovaly až 800 mm. V období 1961-1990 i ve scénářích modelů GISS a GCCM pro roky 2010 a 2030 se průměrné roční srážky pohybují v rozmezí 600-700 mm, přičemž se zvětšuje plocha ohraničená izohyetou 700 mm (ÚHÚL, 2001).

Tento stav se odráží v rozložení LVS od roku 1990 do roku 2030 (viz. Tabulka č. 2). 5. LVS, v roce 1990 zastoupený téměř 40 %, postupně mizí, u 4. LVS se plocha výrazně nemění, pouze se okolo roku 2010 mírně zvětšuje a rozloha 3. LVS narůstá z mizivého zastoupení až na 37 %. V roce 2030 je dokonce možný i výskyt 2. LVS v nepatrném zastoupení do 0,1 % (ÚHÚL, 2001).

Na základě přijatého principu předběžné opatrnosti se doporučuje v nejvyšší možné míře podporovat přirozenou obnovu všech cílových původních dřevin, ke kterým patří např. buk lesní, dub zimní (*Quercus petraea*), lípa srdčitá, javor mléč, jilm habrolistý a další. Zároveň je třeba podporovat i další původní dřeviny v přirozené obnově, kterými jsou např. bříza bradavičnatá, habr obecný, dub cer (*Quercus cerris*), jeřáb břek a další, a také neopomíjet podporu keřového patra (ÚHÚL, 2001).

## 7. Diskuse a závěr

Klima a jeho změny patřily vždy mezi nejvýznamnější činitele ovlivňující podobu lesních ekosystémů. Lesy od svého vzniku do současnosti prodělaly dlouhý vývoj, změnil se takřka k nepoznání. Změn klimatu, ať už menšího nebo většího rozsahu, proběhlo již mnoho a ta současná je jedna z nich. Na vývoj podnebí má však v současnosti vliv i člověk. Je prokázáno, že lidskou činností se zvyšuje koncentrace skleníkových plynů v ovzduší, přesto je těžké určit, do jaké míry je současná klimatická změna dílem člověka a jak velký podíl na ní mají přírodní pochody. Stejně tak obtížné je předvídat, jak na změny klimatu zareagují lesy. Je pravděpodobné, že s předpokládaným oteplením, změnami ročního úhrnu srážek i jejich rozdělením během roku se lesy časem vyrovnají a dojde v nich k určitým změnám stejně jako již několikrát v minulosti. Lesní hospodářství v České republice se však na tyto změny musí připravit. Myslím si, že v hospodářských lesích by měly být provedeny takové změny ve skladbě porostů a způsobech hospodaření, které zajistí celkovou vyšší odolnost lesů, tedy i schopnost vyrovnat se s případnými nepříznivými podmínkami vyvolanými změnou klimatu. Nejodolnější lesní ekosystémy jsou obecně přírodní a přirozené smíšené lesy, bohatší druhová skladba lesů je tedy žádoucí. Je ale třeba, aby hospodářské lesy plnily také stále svůj hlavní účel, a tím je produkce dřeva. Na Českomoravské vrchovině působí i současné výkyvy počasí, hlavně ve smrkových porostech, velké škody, které se se změnou klimatu budou pravděpodobně zvyšovat. I zde tedy bude nutná změna skladby porostů. Podle mého názoru bychom se kromě častější výsadby původních dřevin a pestřejší druhové skladby měli více řídit i současnými stanovištními podmínkami. Např. v porostech ohrožených silným nárazovým větrem upřednostňovat místo smrku hluboko kořenící dřeviny. Smrky by naopak mohly být zachovány na místech, kde je riziko jejich poškození malé.

## Seznam použitých zdrojů

### Knihy

ACOT P., 2005: Historie a změny klimatu. Od velkého třesku ke klimatickým katastrofám. Univerzita Karlova, Praha, 237 s.

BARROS V., 2006: Globální změna klimatu. Mladá fronta a. s., Praha, 168 s.

CÍLEK V., 2006: Tsunami je stále s námi. Eseje o klimatu, společnosti a katastrofách. Alfa Publishing, Praha, 343 s.

CÍLEK V., SVOBODA J., VAŠKŮ Z., 2003: Velká kniha o klimatu zemí Koruny české. Regia, Praha, 665 s.

FAGAN B., 2002: Malá doba ledová. Jak klima formovalo dějiny v letech 1300 – 1850. Academia, Praha, 292 s.

FLANNERY T., 2007: Měníme podnebí. Minulost a budoucnost klimatických změn. Dokořán s. r. o., Praha, 270 s.

JANOUSH D., KALVOVÁ J., KAŠPÁREK L., KAZMAROVÁ H., ŽALUD Z., 2002: Scénáře změny klimatu na území České republiky a odhady dopadů klimatické změny na hydrologický režim, sektor zemědělství, sektor lesního hospodářství a na lidské zdraví v ČR. Nakladatelství Český hydrometeorologický ústav, Praha, 158 s.

KADRNOŽKA J., 2006: Energie a globální oteplování. Země v proměnách při opatřování energie. Vysoké učení technické, Brno, 202 s.

KADRNOŽKA J., 2008: Globální oteplování Země. Vysoké učení technické, Brno, 467 s.

KALVOVÁ J., 1995: Scénáře změny klimatu pro Českou republiku. Územní studie změny klimatu pro Českou republiku – Element 2. Nakladatelství Český hydrometeorologický ústav, Praha, 101 s.

KALVOVÁ J. et MOLDAN B., 1995: Klima a jeho změna v důsledku emisí skleníkových plynů. Univerzita Karlova, Vydavatelství Karolinum, Praha, 162 s.

KUTÍLEK M., 2008: Racionálně o globálním oteplování. Dokořán, s. r. o., Praha, 185 s.



- LOŽEK V., 1973: Příroda ve čtvrtohorách. Academia, Praha, 372 s.
- LOŽEK V., 2007: Zrcadlo minulosti. Česká a slovenská krajina v kvartéru. Dokořán, s. r. o., Praha, 198 s.
- MASER CH., 1996: Přeměněný les. ABIES – vydavatelstvo Lesoochranarskeho zoskupenia VLK, Tulčík, 322 s.
- MOLDAN B., 1993: Rizika změny klimatu a strategie jejich snížení. Český hydrometeorologický ústav, Praha, 175 s.
- MOLDAN B. et SOBÍŠEK B. [eds], 1996: Územní studie změny klimatu České republiky (závěrečná zpráva). Nakladatelství Český hydrometeorologický ústav, Praha, 166 s.
- MRÁČEK Z. et PAŘEZ J., 1986: Pěstování smrku. Státní zemědělské nakladatelství, Praha, 203 s.
- OPRAVIL E., 1969: O rozšíření buku (*Fagus silvatica* L.) v československém kvartéru. Vlastivědný ústav, Olomouc, 60 s.
- POLENO Z. et VACEK S., 2007a: Pěstování lesů I., Ekologické základy pěstování lesů. Lesnická práce, s. r. o., Kostelec nad Černými lesy, 316 s.
- POLENO Z. et VACEK S., 2007b: Pěstování lesů II., Teoretická východiska pěstování lesů. Lesnická práce, s. r. o., Kostelec nad Černými lesy, 464 s.
- PLÍVA K. et ŽLÁBEK I., 1986: Přírodní lesní oblasti ČSR. Ministerstvo lesního a vodního hospodářství ČSR, Praha, 316 s.
- PRŮŠA E., 1990: Přirozené lesy České republiky. Ministerstvo lesního hospodářství a dřevozpracujícího průmyslu, Praha, 248 s.
- REMEŠ J., SIMON J., VACEK S., 2007: Obhospodařování bohatě strukturovaných a přírodě blízkých lesů. Lesnická práce, s. r. o., Kostelec nad Černými lesy, 448 s.
- ROBERTS N., 1998: The Holocene. An Environmental Study. Blackwell Publisher Ltd., Oxford-Malden, 275 s.
- SAMEC P. [ed.], 2008: Změny klimatu a lesnictví. Česká zemědělská univerzita, Praha, 142 s.
- SCHMITHÜSEN F., 2003: Prales a les kulturní. Dějiny a možnosti udržitelného rozvoje. Česká zemědělská univerzita, Praha, 28 s.

VINŠ B., BLÍZIKOVÁ H., ČERMÁK J., ČERNÝ M., HADAŠ P., HENŽLÍK V., HÝSEK J., CHALUPA V., JAČKA J., JANČAŘÍK V., JANOUŠ D., JENÍK J., KLIMO E., KRAUS M., KREČMER V., MACKŮ J., MAJER J., MACEK M., MATERNA J., PAUKNEROVÁ E., POLENO Z., ŠMEJKAL J., ŠINDELÁŘ J., ŠRÁMEK V., VOKOUN J., ZATLOUKAL V., 1996: Dopady možné změny klimatu na lesy v České republice – Územní studie změny klimatu, Element 2. Český hydrometeorologický ústav, Praha, 135 s.

ZIEGLER V., 2002: Země a život. Dějiny naší planety. ISV nakladatelství, Praha, 184 s.

### **Kapitoly v knize**

BERAN F. et VANČURA K., 1991: Zásady pro introdukci jedle obrovské, vznešené a dalších cizokrajných druhů rodu *Abies*. In: ŠINDELÁŘ J., BENEDÍKOVÁ M., BERAN F., BURIÁNEK V., HYNEK V., CHALUPA V., MACHANÍČEK Z., MAŘÁK I., NOVÁK P., PROCHÁZKOVÁ Z., RAMBOUSEK J., ŠIKA A., ŠTĚRBA S., VANČURA K., VINŠ B., 1991: Přehled výsledků výzkumu z oboru genetiky, šlechtění, introdukce lesních dřevin a lesního semenářství za období 1986 – 1990. VÚLHM Jíloviště – Strnady, Praha: 51-54.

BURIÁNEK V., 1999: Ecological plasticity to climatic factors of forest tree species and the significance for tree composition in possible climate changes. In: ŠRÁMEK V. et VANČURA K. [eds], 1999: Effect of Global Climate changes on boreal and temperate forests. Forestry and Game Management Research Institute, Jíloviště – Strnady: 150-160.

KAPITOLA P., KNÍŽEK M., LIŠKA J., ŠRŮTKA P., 1999: Present insect outbreaks in forests in the Czech Republic – a possible consequence of climatic changes. In: ŠRÁMEK V. et VANČURA K., 1999 [eds]: Effect of Global Climate changes on boreal and temperate forests. Forestry and Game Management Research Institute, Jíloviště – Strnady: 161-164.

ROŽNOVSKÝ, 2006: Doslov. In: BARROS V.: Globální změna klimatu. Mladá fronta a. s., Praha: 151-161.

RYBNÍČEK K. et RYBNÍČKOVÁ E., 1994: Historie vegetace. In: MORAVEC J., BLAŽKOVÁ D., HEJNÝ S., HUSOVÁ M., JENÍK J., KOLBEK J., KRAHULEC F., KREČMER V., KROPÁČ Z, NEUHÄUSL R., NEUHÄUSLOVÁ-NOVOTNÁ Z., RYBNÍČEK K., RYBNÍČKOVÁ E., SAMEK V., ŠTĚPÁN J., 1994: Fytocenologie. Academia, Praha: 266-276.

ŠIMŮNEK Z., 2008: Devonský floristický prolog a flóra a fauna permokarbonských pánví – Flóra. In: CHÁB J., BREITR K., FATKA O., HLADIL J., KALVODA J., ŠIMŮNEK Z., ŠTORCH P., VAŠÍČEK Z., ZAJÍC K., ZAPLETAL J, 2008: Stručná geologie Českého masivu a jeho karbonského a permského pokryvu. Česká geologická služba, Praha: 161-169.

VINŠ B., 1999: Potential impacts of the global climate change on forestry in the Czech Republic. In: ŠRÁMEK V. et VANČURA K. [eds]: Effect of Global Climate changes on boreal and temperate forests. Forestry and Game Management Research Institute, Jíloviště – Strnady: 22-36.

### **Články v časopisech**

BOROVANSKÝ J. et KASTENER J., 2003: Sezony zvýšených koncentrací přízemního ozonu: Nebezpečí pro lesní ekosystémy a lidské zdraví. Meteorologické zprávy 56: 178-182.

COWLING S. A., SYKES M. T., BRANDSHAW R. H. W., 2001: Paleovegetation-model comparisons, climate change and tree succession in Scandinavia over the past 1500 years. Journal of Ecology 89: 227-236.

HAN S. et LIU G., 2009: Long-term forest management and timely transfer of carbon into wood products help reduce atmospheric carbon. Ecological modelling 220: 1719-1723.

LOŽEK V., 2001: Přirozené změny podnebí. Život se přizpůsoboval i drastickým výkyvům klimatu. Vesmír 80: 146-152.

PODRÁZSKÝ V., 2009: Lesnictví na rozcestí, nebo na scestí? České lesnictví v historických souvislostech. Vesmír 88: 630-633.

## Regionální literatura

ÚSTAV HOSPODÁŘSKÉ ÚPRAVY LESŮ POBOČKA BRNO, 2001: Přírodní lesní oblast 16 Českomoravská vrchovina. Textová část. Brno, 330 s.

## Sekundární citace

MOLDAN B. et SOBÍŠEK B. [eds], 1996: Územní studie změny klimatu České republiky (závěrečná zpráva). Nakladatelství Český hydrometeorologický ústav, Praha, 166 s. Ex: BUČEK A. et KOPECKÁ V., 1996: Využití registru biogeografie ISÚ pro prostorové vyhodnocení trendu změn vegetačních stupňů ČR v důsledku globálních změn klimatu. Závěrečná zpráva zakázky č. 94057. TERPLAN, Praha, 27 s.

POLENO Z. et VACEK S., 2007a: Pěstování lesů I., Ekologické základy pěstování lesů. Lesnická práce, s. r. o., Kostelec nad Černými lesy, 316 s. Ex: FELBERMEIER, 1994: Arealveränderungen der Buche infolge von Klimaänderungen. Allg. Forstzeitschrift 5: 222-224.

POLENO Z. et VACEK S., 2007b: Pěstování lesů II., Teoretická východiska pěstování lesů. Lesnická práce, s. r. o., Kostelec nad Černými lesy, 464 s. Ex: VACEK S., 2006: Rámcové zásady pro odvození pěstebního managementu – sledovaná hlediska. In: SIMON J. [ed.], 2007 Strategie managementu území se zvláštním statutem ochrany (metodika). Sněm lesníků. Sborník prací institucionálního výzkumu. Mendelova zemědělská a lesnická univerzita, Brno: 60-64.

SAMEC P. [ed.], 2008: Změny klimatu a lesnictví. Česká zemědělská univerzita, Praha, 142 s. Ex: NEAHÄUSLOVÁ Z., BLAŽKOVÁ D., GRULICH V., HUSOVÁ M., CHYTRÝ M., JENÍK J., JIRÁSEK J., KOLBEK J., KROPÁČ Z., LOŽEK V., MORAVEC J., PRACH K., RYBNÍČEK K., RYBNÍČKOVÁ E., SÁDLO J., 1998: Mapa potencionální přirozené vegetace České republiky /Textová část/. Academia, Praha.

SAMEC P. [ed.], 2008: Změny klimatu a lesnictví. Česká zemědělská univerzita, Praha, 142 s. Ex: OPRAVIL, 1983: Habr obecný (*Carpinus betulus L.*) v československém kvartéru. Časopis Slezského muzea Opava (A) 32: 67-82

SAMEC P. [ed.], 2008: Změny klimatu a lesnictví. Česká zemědělská univerzita, Praha, 142 s. Ex: RYBNÍČEK K. et RYBNÍČKOVÁ E., 2004: Pollen analyse of sediments from the summit of the Praděd range in the Hrubý Jeseník Mts. (Eastern Sudetes). *Preslia* 76: 331-347.

VINŠ B., BLÍZIKOVÁ H., ČERMÁK J., ČERNÝ M., HADAŠ P., HENŽLÍK V., HÝSEK J., CHALUPA V., JAČKA J., JANČAŘÍK V., JANOUŠ D., JENÍK J., KLIMO E., KRAUS M., KREČMER V., MACKŮ J., MAJER J., MACEK M., MATERNA J., PAUKNEROVÁ E., POLENO Z., ŠMEJKAL J., ŠINDELÁŘ J., ŠRÁMEK V., VOKOUN J., ZATLOUKAL V., 1996: Dopady možné změny klimatu na lesy v České republice – Územní studie změny klimatu, Element 2. Český hydrometeorologický ústav, Praha, 135 s. Ex: OTTO H. J., 1993: Fremdländische Baumarten in der Waldbauplanung. *Forst und Holz* 48: 454-456.

## Přílohy

Tabulka č. 1: Stratigrafický přehled geologické historie Země (zdroj: SAMEC, 2008).

eonotem	eratem	útvár	oddělení	datování [Ma]	geologická událost	
<b>FANEROZOIKUM</b>	<b>KENOZOIKUM</b>	kvartér	holocén	2	zalednění (1 Ma)	
			pleistocén			
		terciér	neogén	pliocén	24	Himaláje (20 Ma)
			paleogén	miocén		
				oligocén		
			eocén			
	paleocén	65				
	<b>MEZOZOIKUM</b>	křída	svrchní	144	maximální transgrese (98 Ma)	
			spodní			
		jura	svrchní	205		
			střední			
		trias	spodní	248	alpínská orogeneze (227 Ma)	
			svrchní			
	<b>PALEOZOIKUM</b>	perm	svrchní	290	Pangea (250 Ma)	
			spodní			
		karbon	svrchní	354	zalednění jižní polokoule (275 Ma)	
			spodní			
		devon	svrchní	417	variská orogeneze (364 Ma)	
			střední			
			spodní			
		silur	svrchní	443		
spodní						
ordovik	svrchní	495				
	spodní					
kambrium	svrchní	545				
	střední					
	spodní					
<b>PREKAMBRIUM</b>	<b>PROTEROZOIKUM</b>		2 500	exploze fosilního záznamu kaledonská orogeneze (530 Ma)		
	<b>ARCHEOZOIKUM</b>					
<b>AZOIKUM</b>			4 500	stromatolity (3,1 Ga)		
			4 600	hydrosféra (3,8 Ga) vznik Země (4,6 Ga)		

### Vysvětlivky

Ma – 1000 000 let

Ga – 1000 000 000 let

**Tabulka č. 2:** Předpokládané procentuální rozšíření lesních vegetačních stupňů v PLO 16 pro roky 1990, 2010 a 2030 (zdroj: ÚHÚL, 2001).

LVS	1990	2010	2030
5	39,3	32,5	-
4	60,6	67,2	62,2
3	0,1	0,3	37,7
2	-	-	0,1

**Fotografie z hospodářských lesů v katastrálním území obce Ždírec (okres Jihlava).**













