

VĚDECKÝ ČASOPIS



LESNICTVÍ

6

ROČNÍK 29 (LVI)
PRAHA
ČERVEN 1983
CENA 12 Kčs

ČESKOSLOVENSKÁ AKADEMIE ZEMĚDĚLSKÁ
ÚSTAV VĚDECKOTECHNICKÝCH INFORMACÍ
PRO ZEMĚDĚLSTVÍ

LESNICTVÍ

Redakční rada: člen korespondent ČSAV prof. Dr. Ing. Miroslav Vyskot, DrSc. (předseda), Ing. Zdeněk Bludovský, CSc., prof. Dr. Ing. Václav Douša, CSc., prof. Dr. Ing. Ján Halaj, DrSc., prof. Dr. Ing. Václav Korf, DrSc., Ing. Jan Materna, CSc., prof. Dr. Ing. Josef Pelíšek, DrSc., člen korespondent ČSAV prof. Ing. Adolf Priesol, DrSc., genmjr. Ing. Václav Růžička, prof. Ing. Miroslav Stolina, DrSc.

Za vedení časopisu odpovídá člen korespondent ČSAV prof. Dr. Ing. Miroslav Vyskot, DrSc.

© Ústav vědeckotechnických informací pro zemědělství, Praha 1983

CS ISSN 0024-1105

■

LESNICTVÍ uveřejňuje vědecká pojednání o vyřešených výzkumných úkolech ze všech oborů lesnické vědy, studie a rozborů. Vydává Ústav vědeckotechnických informací pro zemědělství. Vychází měsíčně. Redakce: 120 56 Praha 2, Slezská 7, telefon 257541. Celoroční předplatné Kčs 144,—.

■

LESNICTVÍ публикует научные статьи о решенных заданиях по научному исследованию в области лесохозяйственной науки, обзоры и анализы. Издает Институт научно-технической информации по сельскому хозяйству. Выход в свет ежемесячно. Редакция: 120 56 Прага 2, Слезска 7.

■

LESNICTVÍ publishes scientific treatises about the solved research tasks in the line of forest science, studies and analyses. Published by the Institute of Scientific and Technical Information for Agriculture. Issued monthly. Editorial office: 120 56 Prague 2, Slezská 7.

Mezivládní program UNESCO Člověk a biosféra (MAB) navazuje na předchozí Mezinárodní biologický program (IBP), který specifickým způsobem řešil otázku podstaty biologické produkce z aspektu výživy rostoucí lidské populace na naší planetě. Protože se ukázalo, že v současné době narůstá naléhavý problém kvality životního prostředí, které je vědomě i nevědomě člověkem vážně narušováno a devastováno, má mezivládní program MAB přispět ke zlepšení vztahů mezi lidskou populací a jejím životním prostředím. Jde o získání informací o budoucích důsledcích v současné době prováděných zásahů do biosféry, aby se mohla zvýšit schopnost lidské společnosti účinně řídit přírodní zdroje a lépe využívat jejich přirozený potenciál ve prospěch veškerého lidstva. Mezivládní program MAB má celkem 14 projektů, z nichž se na mnohých podílí i ČSSR.

Například Ústav ekologie lesa Vysoké školy zemědělské (ÚEL VŠZ) v Brně se aktivně podílel na přípravě i plnění úkolů projektu č. 2 MAB: Ekologické účinky různých způsobů hospodaření s půdou a jejího využití v pásnu mírného a středozemního lesa. V roce 1974 zorganizoval za široké účasti mezinárodní setkání expertů, na němž byly prodiskutovány a stanoveny nejdůležitější tematické okruhy aktuální vědecké problematiky lesních ekosystémů mírného pásma. Z rozhodnutí UNESCO bylo pro projekt č. 2 MAB v ČSSR zřízeno Informační středisko a přičleněno k ÚEL VŠZ v Brně. V rámci zemí RVHP vykonává toto středisko i funkci koordinační. Vydává pravidelně zpravodaj, ve kterém informuje a koordinuje vědecká pracoviště všech zainteresovaných zemí o problematice lesních ekosystémů temperátní zóny. V rámci projektu č. 2 MAB je řešeno v ČSSR celkem 7 projektů na pracovištích VŠZ v Brně, VÚLHM Jíloviště — Strnady a pracovištích ČSAV a SAV při zapojení širokého okruhu specialistů z lesního hospodářství a biologických oborů. Již z těchto příkladů je patrné, jak významně ČSSR přispívá k řešení problémů mezivládního programu Člověk a biosféra (MAB).

V rámci lesnické problematiky přispívá Československo těmito projekty evidovanými UNESCO v Paříži:

č. 84: Ekologické důsledky biotechnických opatření v intenzivně obhospodařovaných jehličnatých lesích středních nadmořských výšek — řeší Ústav ekologie lesa VŠZ v Brně;

č. 85: Ekologické důsledky intenzivní mechanizace a holoseči v čistých smrkových lesích na stanovištích středních nadmořských výšek — řeší Ústav ekologie lesa VŠZ v Brně;

č. 86: Ekologické účinky vodohospodářských úprav toků a změn metod obhospodařování krajiny v území zaplavovaných lesů jižní Moravy — řeší Ústav ekologie lesa VŠZ v Brně;

č. 87: Úloha mokřadů v lesním biomu mírného pásma — Třeboňsko — řeší Botanický ústav ČSAV;

č. 88: *Ekologické podmínky jako základ pro stanovení zásad racionálního víceúčelového hospodaření v oblasti prvořadého vodohospodářského zájmu* — řeší Výzkumný ústav lesního hospodářství a myslivosti, Jíloviště — Strnady;

č. 89: *Ekologické důsledky průmyslového znečištění ovzduší na lesní porosty Slavkovského lesa* — řeší Výzkumný ústav lesního hospodářství a myslivosti, Jíloviště — Strnady;

č. 90: *Ekologické účinky lidské činnosti na funkci, strukturu a produktivitu lesních ekosystémů Malých Karpat* — řeší Ústav experimentální botaniky a ekologie SAV Bratislava.

Výsledky získané při řešení této široké problematiky lesních ekosystémů přináší řadu nových poznatků potřebných pro osvětlení závažných problémů vlivu lidské činnosti na strukturu a ekologické funkce lesních ekosystémů a jejich souvislostí s utvářením ekologicky vyváženého životního prostředí a racionálním využíváním přírodních zdrojů. V předloženém čísle *Lesnictví* přinášíme jen několik informací z řešení ekologických otázek československých projektů č. 2 MAB.

Prof. RNDr. PhMr. Miroslav Penka, DrSc.,
vedoucí ÚEL VŠZ v Brně a vedoucí pracovní
skupiny pro projekt č. 2 MAB Čs. nár. komitétu
pro mezinárodní program Člověk a biosféra

F. Kubiček

KUBÍČEK, F. (Ústav experimentálnej biológie a ekológie CBEV SAV, Bratislava): *Produktivita lesných ekosystémov Malých Karpát*. Lesníctví, 29, 1983 (6): 457-465.

V predloženej práci sú uvedené výsledky produkčno-ekologického štúdia lesných ekosystémov Malých Karpát. Diskutuje sa o celkových cieľoch výskumu a o charakteristike komplexného ekologického výskumu Malých Karpát. Prezentujú sa základné údaje o biomase bylinnej, krovinej, drevinej vrstvy a v organickom opade v bukových lesoch Malých Karpát aj údaje o celkovej rastlinnej biomase a o energetických hodnotách bukového ekosystému. Dosiahnuté výsledky sú podkladom pre reálny odhad potenciálnej produktivity bukových ekosystémov v pahorkatinných oblastiach Slovenska.

ekológia lesnícka; ekosystémy; biomasa

Začiatkom šesťdesiatych rokov sa vedecký front biológov a ekológov na celom svete obrátil k otázkam riešiacim výživu ľudstva pri stúpajúcej populačnej krivke. Jediný obnoviteľný zdroj energie a výživy je slnečné žiarenie, fixované a akumulované zelenými rastlinami, a preto najmä otázky produkcie ekosystémov a funkcií, ktoré z nej vyplývajú, sa stali základným objektom skúmania.

Nový, takmer frontálny obrat zaznamenal v tomto smere Medzinárodný biologický program, ktorý položil základy pre komplexný a interdisciplinárny ekosystémový prístup. V súčasnom období smeruje vývoj poznania na tomto úseku ku kvantitatívnym syntézam s možnosťou predpovede chovania sa daného ekosystému v zmenených podmienkach, najmä v podmienkach výrazne ovplyvnených človekom.

V rokoch 1966—1974 sme získali komplexné údaje o produktivite dubovo-hrabového lesa v Bábe (Kubiček, Hindák 1977). Tímovým ekosystémovým prístupom sme získali dôležité údaje o funkcii a štruktúre lesného ekosystému a v tejto súvislosti sme vypracovali nové metodické postupy a vyvinuli novú prístrojovú techniku. Spoločenský prínos výsledkov spočíval hlavne v rozšírení poznatkov v oblasti základného výskumu lesa a ich aplikácie v lesnom hospodárstve.

Cieľom výskumu lesných ekosystémov Malých Karpát (ktorý sa začal v roku 1976) je podrobná analýza súčasného stavu lesných ekosystémov, ale najmä zistenie parametrov antropogénnych zásahov a trendov vývoja týchto parametrov do budúcnosti, zdôvodnenie únosnej kapacity a vypracovanie sústavy opatrení na hospodársko-spooločenskej základni tak, aby sa získali základné informácie pre zabezpečenie rovnováhy lesných a ďalších príslušných ekosystémov, a to aj za predpokladu zmien tlaku.

Hlavné problémy výskumu sú tieto:

Poznanie vplyvu antropickej záťaže na vybrané parametre a procesy; závery a výstupy by mali smerovať do ekologickej teórie, do ob-

lasti ochrany a tvorby životného prostredia a do praxe lesného hospodárstva.

Sumarizácia, analýzy, ale najmä syntéza doterajších výsledkov získaných pri štúdiu štruktúry, fungovania a produktivity lesných ekosystémov, ako aj možnosť spracovania matematických modelov.

Problematika primárnej produktivity (bylinná, krovinná a drevinná vrstva) a v kauzálnom vysvetlení otázky procesov a štruktúr, ako aj otázky bioklimatologické, ekofyziologické a ekopedologické. Na túto základnú oblasť nadvädzujú štúdie sekundárnej produkcie (pôdna fauna, hmyzie spoločenstvá, ornitofauna, mikromamálie, poľovná zver), ktorých výsledky umožnia tak užitočnú komparáciu, ako aj ucelenejší pohľad na študované lesné ekosystémy Malých Karpát.

Problematika vplyvu ľudskej činnosti na fungovanie a stabilitu študovaných lesných ekosystémov — otázky ochrany genofondu, vplyv rekreácie a turistiky a jej únosná kapacita, otázky drevnej zásoby a celkovej produkcie organickej hmoty v modelových lesných ekosystémoch a v neposlednom rade aj štúdiom mimoprodukčných funkcií lesných ekosystémov (vodohospodárske, klimatické, zdravotno-hygienické atď.).

Dalším, nie menej dôležitým cieľom, najmä v praktickom dopade, je získanie vedeckých argumentov, ktoré v rámci komplexného produkčno-ekologického výskumu bude možné použiť pri plánovaní, riadení a kontrole produkčných zdrojov poskytnutých lesmi Malých Karpát našej spoločnosti.

CHARAKTERISTIKA VÝSKUMU A PRACOVNÉ POSTUPY

Význam optimalizácie produktivity prírodných i hospodárskych ekosystémov pri plnom uplatnení ich celospoločenských funkcií a pri minimálnej degradácii kvality životného prostredia je všeobecne uznávaný. Je preto potrebné, aby sa rozhodovanie o zásahoch do biosféry opieralo o taký súbor ekologických poznatkov, ktoré zahŕňajú čo možno najširšiu hĺbku ekologických zákonitostí základných zložiek biosféry (prírodné ekosystémy) a umožňujú vedeckú predpoveď účinkov a dopadov na stabilitu ekosystémov.

Predložené výsledky sú súčasťou komplexného produkčno-ekologického výskumu v rámci projektu č. 2 MAB, UNESCO — Ekologické účinky hospodárenia s lesmi a lesnou pôdou — a od medzinárodnej konferencie k projektu č. 2 MAB v Brne (v roku 1976) je to v rámci tohoto programu subprojekt č. 90 — Malé Karpaty. Celkove sa výskum zameriaval na problematiku vplyvu intenzívnej ľudskej činnosti, najmä rekreačnej a turistickej, na prevládajúce bukové lesy v ucelenom masíve Malých Karpát. Ide o oblasť reprezentujúcu listnaté lesy nižších polôh Slovenska, ktorá je jedným z najaktuálnejších území atakovaných antropickými zásahmi nielen v minulosti, ale predovšetkým v budúcnosti.

Práve v tomto geografickom celku, v bezprostrednej blízkosti Bratislavy, s veľmi hustým osídlením a priemyslom sa pozornosť zameriava na komplexný výskum zisťovania rovnovážneho stavu lesného ekosystému a na vymedzenie únosných antropických zásahov do tej miery, aby sa zabránilo devastácii v budúcnosti a aby sa vytvoril systém regulácie tvorby prírodného prostredia. Antropická činnosť vyvoláva v lesných ekosystémoch skúmaného pohoria stále výraznejšie zmeny a nepriazni-

vo zasahuje do ustálených vzťahov medzi organizmami a prostredím.

Pôvodné lesné spoločenstvá v Malých Karpatoch boli buď priamo alebo nepriamo v určitej miere nahradené inými spoločenstvami, a to bolo príčinou celej refazy trofických zmien, vyúsťujúcich spravidla do zníženia produkčných možností lesných porastov, resp. zníženia ich stability. Aj keď lesné hospodárstvo má k dispozícii značnú časť výsledkov typologického prieskumu lesov, nie je ešte v súčasnosti možné tieto výsledky použiť tak, aby sa dosiahla žiadúca komplexnosť pri posudzovaní účinkov na trvalosť lesnej produkcie.

Preto práve v tomto smere nadobúda značný význam výskum produktivity bylinnej, krovinnej a drevinnej vrstvy, ktorý sa v poslednom desaťročí úspešne rozvíjal, najmä vďaka Medzinárodnému biologickému programu. V oblasti produkcie bylinnej a drevinnej vrstvy (nadzemná i podzemná biomasa), ako aj krovinnej vrstvy a organického opadu sa vyvinuli a odskúšali nové, resp. modifikované pôvodné metódy. Podrobný popis metód je publikovaný vo viacerých prácach (Kubíček 1972, 1977, Kubíček, Jurko 1975, Šimonovič 1973, Oszlányi 1977, 1980, Vooková 1976). Pretože doterajšie poznatky sa týkajú v prevažnej miere dubovo-hrabového ekosystému v Bábě, ktorý bol objektom produkčno-ekologického výskumu v predchádzajúcich rokoch, bolo v sledovanom období (1976–1981) potrebné tieto poznatky rozšíriť, skvalitniť, ale hlavne využiť v celom regióne Malých Karpát. Pokiaľ ide o Malé Karpaty, literárne údaje o produktivite lesných ekosystémov sú pomerne malé, iba koncom sedemdesiatych rokov vyšli niektoré ďalšie práce (Kubíček, Jurko 1975, Kubíček, Šimonovič 1980, Vooková 1982), ktoré zhrňujú výsledky terénnych meraní lesných ekosystémov Malých Karpát. Významným príspevkom v tejto oblasti v ČSSR sú najmä práce Vašíčka (1975a, b) týkajúce sa produkcie bylinnej a krovinnej vrstvy a Vyskotsa (1976) týkajúce sa drevinnej vrstvy lužného lesa na južnej Morave.

Pre zisťovanie biomasy bylinnej a krovinnej vrstvy sa využívali obidve základné skupiny metód, deštruktívne a nedeštruktívne, prípadne ich kombinácie. Pozornosť sa však sústredila najmä na overenie, preskúšanie a modifikáciu metódy nepriameho odberu na základe poznatkov získaných z podrobného produkčno-ekologického výskumu dubovo-hrabového ekosystému v Bábě. Určitým novým prvkom je pokus o užšie prepojenie predností fytoecologickej analýzy s kvantitatívnym produkčno-ekologickým prístupom s cieľom získať ďalšie informácie nielen o vnútornej štruktúre spoločenstva, ale aj o jeho produkčnej funkcii.

Pre zisťovanie biomasy drevinnej vrstvy sa použila metóda deštruktívnej analýzy vzorníkov a pomocou regresných závislostí sa stanovila celková biomasa v typickom bukovom ekosystéme a umelej smrekovej monokultúre, lokalizovanej na pôvodnom stanovišti buka (Oszlányi 1980). Súčasťou výskumu biomasy a produkcie lesného ekosystému je aj zisťovanie celkového organického opadu, ktoré predstavuje nie zanedbateľnú časť v celkovej tvorbe organickej hmoty v lese. Hoci informácie o organickom opade, týkajúce sa listnatých lesov, sú v svetovej i našej literatúre dosť pravidelné, konkrétne údaje z typických bukových lesov sú prakticky neznáme, a preto uvádzané výsledky (podrobnejšie publikované v práci Kubíček a kol. 1982) sú prvými ucelenejšími údajmi o produkcii organického opadu v bučinách Slovenska.

VÝSLEDKY ZISŤOVANIA BIOMASY LESNÝCH EKOSYSTÉMOV MALÝCH KARPÁT

Dosiahnuté výsledky zahrňujú základné produkčné údaje o biomase bylinnej, krovinnej a drevinnej vrstvy ako aj celkového opadu lesných

ekosystémov Malých Karpát. Biomasa bylinnej a krovinej vrstvy sa zisťovala na 18 plochách rozmiestnených na vopred vybraných tranzektoch v celom študovanom území Malých Karpát (Kubíček a kol. 1982). Pre zistenie biomasy drevinej vrstvy sme použili vybrané výskumné plochy v typickom bukovom lese a v smrekovej monokultúre na pôvodnom stanovišti buka (Oszlányi 1980, Bublinec 1980) a pre odhad biomasy opadu opäť výskumnú plochu v bukovom lese (Kubíček 1981). Všetky produkčné údaje sú uvedené v suchej hmotnosti.

BIOMASA BYLINNEJ VRSTVY

Vo všetkých zastúpených lesných spoločenstvách študovanej oblasti Malých Karpát sme urobili podrobný rozbor a porovnanie vzájomných relácií týchto produkčno-ekologických charakteristík bylinnej vrstvy:

fytocenologická analýza (typický fytoocenologický zápis a typologická klasifikácia pokusných plôch);

produkčná analýza bylinnej vrstvy, ktorá obsahovala rozbor kvantitatívno-produkčných parametrov (počet druhov, počet jedincov, celková biomasa druhu a spoločenstva, pomer medzi nadzemnou a podzemnou biomasou).

Zo súhrnného posúdenia celkovej biomasy bylinnej vrstvy v lesných spoločenstvách je zrejmé, že hodnoty celkovej biomasy (a tým i nadzemnej a podzemnej) kolíšu a vytvárajú tým určitú škálu, ktorá zahŕňa nielen produkčnú schopnosť bylinnej vrstvy, ale aj podrobnejšiu informáciu o vnútornej štruktúre fytoceóz, a tým aj podklad pre ich objektívnejšiu syntaxonomickú diferenciáciu (najmä na príklade lesných spoločenstiev s prevahou buka).

Najvyššie hodnoty celkovej biomasy bylinnej vrstvy sme zistili v lesných spoločenstvách s prevahou duba a je treba podotknúť, že v týchto prípadoch už ide skutočne o nie zanedbateľnú časť produkcie organickej hmoty v rámci celého ekosystému. Sumárne hodnoty sa pohybujú od 2,29 t.ha⁻¹ do 2,85 t.ha⁻¹. Vysoké hodnoty celkovej biomasy sme zaznamenali aj v eutrófných aluviálnych jelšínach (1,71 t.ha⁻¹) a v druhove veľmi bohatých zmiešaných listnatých lesoch s prevahou lipy (1,67 t.ha⁻¹). Relatívne v strednej polohe sú hodnoty celkovej biomasy, zistené v zmiešaných dubovo-hrabových lesoch, a pohybujú sa približne okolo 1 t.ha⁻¹. Najnižšiu biomasu bylinnej vrstvy majú bukové lesy, resp. sutinové lesy s prevahou buka a sumárne hodnoty sa pohybujú v rozpätí 0,1—0,5 t.ha⁻¹, s výnimkou porastov silne ovplyvnených ťažbou. V silne presvetlenom rubnom bukovom poraste sme zistili vysokú biomasu — 2,14 t.ha⁻¹, čo zapríčinilo najmä náhle presvetlenie porastu ťažbou.

Pomer medzi nadzemnou a podzemnou biomasou sa v oligotrofných spoločenstvách, resp. v chladných a tienistých spoločenstvách bučín a sutinových lesov pohybuje približne v rozpätí 1:2, čiže tieto spoločenstvá vytvárajú dvojnásobnú podzemnú biomasu oproti nadzemnej biomase. V mezofilných spoločenstvách je vzájomný pomer oboch zložiek 1:1, zväčša mierne v prospech nadzemnej biomasy. V eutrófných spoločenstvách je už tento pomer výraznejšie v prospech nadzemnej biomasy, najmä v aluviálnych jelšínach (1:0,69).

Celkové hodnoty nadzemnej biomasy krovinnej vrstvy závisia najmä od pokryvnosti, počtu druhov, vrstevnatosti, resp. medzernatosti porastu. Preto sme najvyššie hodnoty zistili vo viacetážových porastoch (od 1,3 do 1,9 t.ha⁻¹), kde sa vytvára pomerne súvislá krovinná vrstva s pokryvnosťou od 10—20 %. V ostatných sledovaných lesných spoločenstvách, kde pokryvnosť iba ojedinele presahuje 5 % a vo väčšine bukových spoločenstiev je nulová, sú aj hodnoty biomasy krovinnej vrstvy nízke a pohybujú sa v rozpätí 0,001—0,1 t.ha⁻¹. Pozoruhodné sú najmä hodnoty nadzemnej biomasy, ktoré sme zistili v staršej borovico-smrekovej monokultúre, kde už v krovinnej vrstve začínajú prevládať pôvodné listnaté dreviny (buk).

Z tohoto hľadiska je zaujímavá skutočnosť, že prakticky vo všetkých sledovaných lesných spoločenstvách je celková biomasa bylinnej vrstvy vyššia ako biomasa krovinnej vrstvy, iba v ojedinelých prípadoch sú si hodnoty podobné. Súvisí to pravdepodobne s celkovým charakterom sledovaných lesných spoločenstiev, ale aj tak je potrebné konštatovať, že celková organická hmota, ktorá sa vytvorí v bylinnej a krovinnej vrstve, je dôležitou zložkou celkovej rastlinnej produkcie lesného ekosystému.

Najvyššie hodnoty oboch zložiek sa zistili v oligotrofných dubových lesoch, vyše 4 t.ha⁻¹, z čoho je biomasa bylinnej vrstvy 2,28 t.ha⁻¹ a krovinnej vrstvy 1,81 t.ha⁻¹. Celková sumárna hodnota je veľmi vysoká a reprezentuje už značnú časť z celkovej biomasy sledovaného lesného ekosystému. Vysoké hodnoty biomasy oboch zložiek majú prakticky všetky dubové a dubovo-hrabové lesy v Malých Karpatoch, pohybujú sa od 1,0—3,0 t.ha⁻¹, podobne i jelšové lesy (3,5 t.ha⁻¹). Najnižšie hodnoty oboch zložiek sa zistili vo všetkých lesných spoločenstvách s prevahou buka, pohybujú sa od 0,03—0,77 t.ha⁻¹, ale väčšina nepresahuje 0,5 t.ha⁻¹.

BIOMASA ORGANICKÉHO OPADU

Produkcia organického opadu je dôležitým ukazovateľom pri podrobnom ekologickom štúdiu lesných ekosystémov. Získali sa prvé produkčné údaje, charakterizujúce celkový organický opad v bukových lesoch na Slovensku. Dynamika narastania opadu v priebehu roka zodpovedá charakteru listnatých opadavých lesov a maximum opadu sa sústreďuje do jesenných mesiacov, s vrcholom v októbri, kedy sa zistili u všetkých základných produkčných parametrov opadu najvyššie hodnoty. V celkovom zložení opadu prevláda výrazne listový opad, ktorý reprezentuje v bukovom lese tri štvrtiny a nelistový opad jednu štvrtinu z celkového sumáru. Požer fytofágneho hmyzu nie je taký výrazný, zistilo sa, že iba jedna pätina z celkového počtu 25 miliónov listov je silnejšie poškodená. Priemerná plocha jedného listu sa pohybuje v rozpätí 14 až 17 cm², zatiaľ čo index listovej plochy od 3,590 do 4,408 ha.ha⁻¹.

Zistili sme tieto priemerné hodnoty produkčno-ekologických parametrov opadu v bukovom lese: celkový organický opad 3730 kg.ha⁻¹.rok⁻¹; podiel jednotlivých frakcií opadu na celkovej sumárnej hodno-

te: listy 2571, plody 145, kvety 297, halúzky 362, iné 355 kg.ha⁻¹.rok⁻¹; z celkového organického opadu pripadá na listový opad 2571 kg.ha⁻¹, čo je 68,92 %. Na nelistový opad 1159 kg.ha⁻¹, čo je 31,08 %; z celkového listového opadu bolo 78 % listov merateľných a 22 % listov nemerateľných; počet listov dosahuje priemernú hodnotu $25,302 \times 10^6$.ha⁻¹.rok⁻¹; priemerná plocha bukového listu je 15,34 cm²; index listovej plochy (LAI) 3,88 ha.ha⁻¹.rok⁻¹.

BIOMASA DREVINNEJ VRSTVY

Základné produkčné parametre drevinnej vrstvy bukového a smrekového ekosystému študovaného na reprezentatívnych objektoch Malých Karpát sú tieto:

a) Bukový ekosystém s lesným porastom vo veku 82 rokov a zakmenením 0,8: celková biomasa je 422,9 t.ha⁻¹, z čoho na kmene pripadá 76,3 %, na koruny 13,3 % a na podzemné časti 10,4 %. Na biomase nadzemných častí sa podieľa drevo 93,4 %, kôra 5,7 % a listy 0,9 %. Ročný prírastok biomasy je 17,13 t.ha⁻¹. Z tejto hodnoty pripadá na kmene 43,4 % a na podzemné časti 10,1 %. Z celkovej prírastenej biomasy v nadzemných častiach pripadá na drevo 72,5 %, listy 20,9 % a kôru 6,6 %.

b) Smrekový ekosystém s lesným porastom vo veku 70 rokov a zakmenením 0,9: celková biomasa je 329,8 t.ha⁻¹, z čoho na kmene pripadá 69,7 %, na koruny 12,8 % a na podzemné časti 17,5 %. Na celkovej hmotnosti nadzemnej biomasy sa podieľa drevo 89,7 %, kôra 9,1 % a ihličie 1,2 %. Hodnota priemerného ročného prírastku celkovej biomasy za posledných 5 rokov je 11,28 t.ha⁻¹.rok⁻¹, z čoho pripadá na kmene 39,7 %, na koruny 40,6 % a na podzemné časti 19,7 %. Na hodnote prírastku celkovej nadzemnej biomasy sa zúčastňuje drevo 82,1 %, kôra 12,4 % a ihličie 5,5 %.

Zistili sme, že v bukovom ekosystéme pripadá na tenčinu 66,5 %, v smrekovom až 100 % biomasy korún bez asimilačných orgánov, a že pri prípadnej ťažbe by sa v bukovom poraste pre priemerné spracovanie využilo približne 80,5 % celkovej biomasy, v smrekovom len 69,7 % (biomasa kmeňov a korún). Zostatok biomasy predstavuje tenčina, listy, ihličie a podzemná biomasa. Pomer biomasy hrubiny k ostatnej biomase je v bukovom ekosystéme 1:0,24 a v smrekovom 1:0,43. Stanovili sme aj priemerné energetické hodnoty drevín, kôry, listov a ihlíc v oboch ekosystémoch. Získané výsledky majú značný vedecký význam, pretože umožňujú prepočít hmotnostných jednotiek produkcie biomasy na ich energetický ekvivalent. Priemerná energetická hodnota celkovej biomasy bukového ekosystému je 18,99 GJ.t⁻¹ a smrekového ekosystému 19,76 GJ.t⁻¹. Z priemerného množstva globálneho žiarenia, ktoré dopadne na 1 ha plochy porastu, využije pre produkciu organickej hmotv. fixovanej ako prírastok, bukový ekosystém 0,84 % a smrekový ekosystém 0,57 % (Oszlányi 1980).

Boli získané základné výsledky o obsahu a hmotnosti niektorých zložiek popola, bioprvkov (N, P, K, Mg, S, Fe, Mn, Cu, Zn, Mo, B). toxických a ďalších prvkov (Cl, Pb, As, Cr, Cd, Ni, Si, Al, Na, Ti, Co) v oboch ekosystémoch (Bublinec 1980). Ide o prvky dôležité tak z hľadiska výživy (makroživiny a mikroelementy), ako aj z hľadiska

znečisťovania a ochrany životného prostredia (prvky toxického rázu), alebo o ďalšie prvky, ktoré majú v celkovej biomase ekosystému zvýšenú koncentráciu, a tým aj väčšiu hmotnosť v biocykloch. Podrobné výsledky zahrňujú obsahy uvedených prvkov v pokryvnom humuse, v celkovej biomase ekosystému (rozdelené na kmeňovú, korunovú a podzemnú časť) a akumuláciu prvkov v dendromase. Zistili sme, že okrem uhlíka a popola je možné sledované prvky rozdeliť do piatich skupín reprezentujúcich hmotnosť jednotlivých prvkov, ktorou sa podieľajú v biocykloch študovaných lesných ekosystémov. Jej klesajúce poradie sme stanovili takto: C-Ca-N-K-Si-Mg-S-P-Mn-Fe-Al-Na-Cl-Zn-B-Ti-Mo-Pb-Ni-Cu-Cr-As-Co-Cd.

Zistili sme, že v bukovom ekosystéme na 1 kg dusíka obsiahnutého v biomase porastu sa vyprodukuje 153 kg dendromasy ročne, ale v smrekovom ekosystéme až 395 kg. Podobná situácia je aj u ostatných živín. Z uvedených výsledkov je zrejmé, že smrek hospodári so živinami ekonomickejšie a produkuje efektívnejšie ako buk. Zásoby živín v kg na ha v porovnávaných ekosystémoch sú tieto:

	N	P	K	Ca	Mg	S
bukový ekosystém	806	86	496	950	222	111
smrekový ekosystém	837	72	308	1156	127	121

Sumárna zásoba živín v drevinnej časti oboch lesných ekosystémov a v pokryvnom humuse:

	N	P	K	Ca	Mg	S
bukový ekosystém	1198	122	544	1335	264	138
smrekový ekosystém	1752	144	376	1510	209	175

Z výsledkov je zrejmé, že najmä čo sa týka dusíka, ako najdôležitejšej živiny z hľadiska produkcie biomasy, smreková monokultúra ho nahromadila podstatne viac (o 46 %) než prirodzený bukový ekosystém, čo znamená, že smrek dokáže lepšie využiť zásoby živín z pôdy ako buk. Preto je na chudobnejších stanovištiach oproti buku výkonnejší, a to aj vtedy, ak je mimo svojho prirodzeného areálu. Zároveň predpokladáme, že na bohatších pôdach nevyužije ich celkový produkčný potenciál a tieto vyžadujú zmiešané porasty so zložitejšou štruktúrou. Bukové ekosystémy majú naproti tomu intenzívnejší kolobeh bioprvkov a teda aj väčší melioračný účinok na pôdu.

CELKOVÁ BIOMASA V BUKOVOM EKOSYSTÉME MALÝCH KARPÁT

Na základe uvedených výsledkov kvalitatívno-ekologického štúdia zložiek primárnej produkcie bukového ekosystému môžeme odhadnúť tak celkovú biomasu rastlín (byliny, kroviny a dreviny), ako aj jeho ročnú produktivitu. Priemerné hodnoty biomasy ($t \cdot ha^{-1}$) a ročnej čistej primárnej produkcie ($t \cdot ha^{-1} \cdot rok^{-1}$) sú tieto:

Rastlinná biomasa: dreviny — biomasa kmeňov	322,8
biomasa korun	56,2
podzemná biomasa	43,9
kroviny	0,5
byliny	0,5
celkový organický opad	3,7
Biomasa celkom	427,6

Ročná primárna produkcia: dreviny	— kmene	7,4
	koruny	8,0
	podzemné časti	1,7
		0,1
kroviny		0,5
byliny		3,7
opad		
Primárna produktivita celkom		21,4

Celková biomasa rastlín v bukovom lese je približne 428 t.ha⁻¹, z čoho je nadzemná biomasa 384 t.ha⁻¹ a podzemná biomasa 44 t.ha⁻¹. Priemerná ročná primárna produktivita je v sledovanom ekosystéme 21,4 t.ha⁻¹.rok⁻¹.

V procese fotosyntézy dochádza v rastlinách k fixácii slnečnej energie, ktorá sa hromadí v ich biomase. Význam meraní energetického obsahu organickej hmoty rozličných zložiek ekosystému sa v poslednom období neustále zvyšuje, pretože v produkčnej ekológii sa kladie veľký dôraz na tok energie v ekosystémoch. Na základe dosiahnutých výsledkov sme sa pokúsili odhadnúť energetický obsah celkovej rastlinnej biomasy a ročnej primárnej produkcie. Energetické hodnoty uvádzame v 10⁹ kJ.g⁻¹.ha⁻¹ a pre bukový ekosystém sú tieto:

dreviny	— nadzemné časti	7,208
	podzemné časti	0,825
kroviny	— nadzemné časti	0,007
byliny	— nadzemné časti	0,008
	podzemné časti	0,006
Energetický obsah celkom		8,054

Zásoba fixovanej slnečnej energie je v celkovej rastlinnej biomase bukového ekosystému 8,054.10⁹ kJ.g⁻¹.ha⁻¹, z čoho 7,221.10⁹ kJ je fixovaných v nadzemnej biomase a 0,831 kJ v podzemnej biomase. Energetický obsah ročnej primárnej produktivity predstavuje 0,331.10⁹ kJ.g⁻¹.ha⁻¹.

Prezentované výsledky predstavujú prvotné základné údaje o produktivite lesných ekosystémov Malých Karpát a sú podkladom pre získanie reálneho odhadu potenciálnej produktivity lesa v pahorkatinných oblastiach Slovenska s prevládajúcimi listnatými lesmi.

Došlo dne 2. 12. 1982

Literatúra

- PUBLINEC, E.: Akumulácia prvkov a niektoré zložky ich kolobehu v bukovom a smrekovom ekosystéme Malých Karpát. Záverečná správa. VÚLH Zvolen. 1980
- KUBÍČEK, F.: Primárna produkcia bylinnej vrstvy a celkový organický opad v dubovo-hrabovom ekosystéme. Kand. diz. práca. Bot. ústav SAV (Bratislava), 1972, 146 s.
- KUBÍČEK, F.: Organic litter production in the oak-hornbeam ecosystem. Biol. práce (Bratislava), 23, 1977, s. 131-219
- KUBÍČEK, F.: Production of litter fall in beech forests. Biológia (Bratislava), 36, 1981, s. 851-857
- KUBÍČEK, F. — HINDÁK, F.; (eds): Primárna produktivita dubovo-hrabového ekosystému. Syntézy OPE ŤEBE SAV, 1977, 131 s., Bratislava
- KUBÍČEK, F. — JURKO, A.: Estimation of the aboveground biomass of the herb layer in forest communities. Folia Geobot. Phytotax. (Praha), 10, 1975, s. 113-129
- KUBÍČEK, F. — ŠIMONOVIC, V.: Total herb layer biomass in several less-presented forest communities in the Malé Karpaty Mountains. (Bratislava), 35, 1980, s. 27-38

KUBÍČEK, F. — ŠIMONVIČ, V. — VOOKOVÁ, B. — EGED, Š.: Produktivita bylinnej a krovinej vrstvy v lesných ekosystémoch Malých Karpát. Acta ecologica (Bratislava), 30, 1982 (v tlači)

OSZLÁNYI, J.: Vertical distribution of the above-ground biomass in the production space of the oak-hornbeam ecosystem. Biol. práce (Bratislava), 23, 1977, s. 1-130

OSZLÁNYI, J.: Produktivita stromovej zložky bukového a smrekového lesného ekosystému. Závěrečná správa. VÚLH Zvolen, 1980

SIMONVIČ, V.: Study of the root biomass in the herb layer of an oak-hornbeam forest. Biológia (Bratislava), 28, 1973, s. 11-22

VÁŠÍČEK, F.: Studie primární produkce bylinné a kořenové vrstvy lužného lesa. In: Funkce, produktivita a struktura ekosystému lužného lesa. 1975, s. 157-194, Brno

VÁŠÍČEK, F.: Keřová složka ekosystému lužného lesa. Závěrečná správa. LF VŠZ Brno, 1975

VOOKOVÁ, B.: Calorific values of leaves of *Cornus mas* L., *Crataegus oxyacantha* L. and *Ligustrum vulgare* L. Biológia (Bratislava), 31, 1976, s. 737-744

VOOKOVÁ, B.: Analysis into the above-ground wood biomass of the shrub layer in forest ecosystems of the Malé Karpaty mountains on the MAB areas of transect I. Ekológia (ČSSR), 1, 1982, s. 281-288

VYSKOT, M.: Tree story biomass in lowland forest in South Moravia. Rozpr. ČSAV, 86. Academia Praha, 1976

КУБИЧЕК, Ф. (Ústav experimentálnej biológie a ekológie CBEV SAV, Bratislava). Продуктивность лесных экосистем Малых Карпат. Lesnictví, 29, 1983 (6): 457-465.

В представленной работе приводятся результаты экологического обследования продуктивности лесных экосистем Малых Карпат. Ведется дискуссия об общих целях научного исследования и о характеристике комплексного экологического исследования Малых Карпат. Представлены основные данные о биомассе ярусов разнотравья, кустарников и деревьев и в органическом опаде листвы в буковых лесах Малых Карпат, равно как и данные об общей растительной биомассе и энергетических значениях буковой экосистемы. Полученные результаты служат основой для реальной оценки потенциальной продуктивности буковых экосистем в холмистых областях Словакии.

экология лесная; экосистемы; биомасса

KUBÍČEK, F. (Ústav experimentálnej biológie a ekológie CBEV SAV, Bratislava). *Productivity of Forest Ecosystems in the Low Carpathians*. Lesnictví, 29, 1983 (6): 457-465.

Results of the production-ecological study of forest ecosystems in the Low Carpathians are presented. Research targets are being discussed, and characteristics of the complex ecological research in the Low Carpathians is treated. Basic data are given on the biomass of herb, shrub and tree layer, and in the organic fall in the beech forests in the Low Carpathians as well as data on the total phytomass and energy values of the beech ecosystem. The results will be used to estimate realistically potential productivity of beech ecosystems in the hilly regions of Slovakia.

forest ecology; ecosystems; biomass

Adresa autora:

Ing. Ferdinand Kubíček, CSc., Ústav experimentálnej biológie a ekológie CBEV SAV, Dúbravská 14, 814 34 Bratislava

PERSSON T. (ED.): STRUKTURA A FUNKCE SEVERSKÝCH JEHLIČNATÝCH LESŮ. 1980, UPPSALA

Využívání přírodních zdrojů vede v současné době k často nepředvídaným důsledkům, a proto v rámci mezivládního programu UNESCO Člověk a biosféra (MAB) bylo založeno mnoho ekologických projektů v lesních ekosystémech všech vegetačních zón, které mají dát odpověď na otázku, jaké důsledky současné činnosti člověka se na těchto ekosystémech projeví v budoucnu. Mezi tyto projekty patří i projekt SWECON (Švédský projekt jehličnatých lesů), který byl založen v roce 1972 a byl organizován a koordinován Ústavem ekologie a výzkumu prostředí zemědělské univerzity v Uppsale ve Švédsku. Během výzkumu v období 1972–1980 bylo kolektivem pracovníků tohoto ústavu publikováno značné množství interních vědeckých sdělení, technických a metodických příruček, jakož i původních vědeckých prací. V roce 1980 byla vydána syntetická publikace v rozsahu 609 stran, která shrnuje vědecké informace o ekosystémech jehličnatých lesů Skandinávie, jak vyplývá i z názvu publikace.

Hlavním cílem projektu SWECON bylo studium dynamiky rostlinné biomasy a procesů s tím spojených, jako je výmě-

na energie, koloběh vody, organické hmoty a minerálních živin, jakož i studium přímých nebo nepřímých vlivů lidské činnosti na produkční procesy rostlinné biomasy i na ostatní procesy lesních ekosystémů.

Z těchto pohledů publikace přináší mnoho dílčích výsledků ze studií týkajících se růstu dřevin, zejména borovice lesní, a to z hlediska vztahu produkce k jednotlivým gradientům prostředí.

Velká část knihy je věnována studiu recentních půdních procesů. Zvláštní pozornost je soustředěna na procesy dekompozice organických zbytků, biologickou fixaci dusíku a procesy vyluhování elementů v půdním profilu.

Velmi cenná je část knihy, která shrnuje možnosti matematického modelování dílčích procesů lesních ekosystémů, např. simulační model výměny plynů u borovice nebo růstový model stromů a modelování půdních procesů, zejména model mineralizace, odběru kořeny a vyluhování dusíku v borovém lese.

Práce je velmi užitečným příspěvkem k poznání funkce lesních ekosystémů, jakož i k objasnění metodických problémů v oblasti ekologie lesa.

Doc. Ing. Emil Klim o, CSc., lesnická fakulta VŠZ, Lesnická 37, 662 66 Brno

PŘÍMÁ ANALÝZA GRADIENTŮ PROSTŘEDÍ A VEGETACE V JIHMORAVSKÉM LUŽNÍM LESE

F. Vašíček, A. Prax

VAŠÍČEK, F. — PRAX, A. (Ústav ekologie lesa VŠZ, Brno). *Přímá analýza gradientů prostředí a vegetace v jihomoravském lužním lese*. Lesnictví, 29, 1983 (6) : 467-480.

Po realizaci technických vodohospodářských úprav v oblasti jižní Moravy došlo k vyloučení záplav a snížení hladiny podzemní vody v lužních lesích. Nově vzniklá situace byla zkoumána metodou přímé analýzy gradientů vegetace a prostředí. Na souvislém průřezovém pásu byly vylišeny intervaly topograficko-vlhkostního gradientu, charakterizované průměry indexů ekologických skupin druhů bylinné vrstvy, jejich relativní ekologickou podobností, nadzemní biomasou bylinné vegetace, půdními hydrolimity a dalšími fyzikálními vlastnostmi půdy. Ukázalo se, že změny struktury bylinné vegetace se opožďují za změnami faktorů půdních a typizace podmínek prostředí na podkladě fyto-indikátorů by v současné době byla odlišná od typizace podle znaků lokalit a půdy.

ekologie lesnická; lužní lesy; podzemní voda; biomasa

Lužní lesy jižní Moravy se vyskytují v souvislejších komplexech zejména v nivě řek Dyje a Moravy a v oblasti jejich soutoku. Představují relikty antropicky dlouhodobě ovlivňovaného lesního biomu v jinak odlesněné a převážně zemědělsky obhospodařované krajině. Antropické vlivy od středověku směřovaly v této oblasti zejména k záborům lesní půdy, k využívání vhodných zalesněných ploch k dočasné zemědělské produkci, k pastvě dobytka v lese a k intenzivnímu chovu zvěře na jedné straně. Na druhé straně byl systém obhospodařování lesů poplatný potřebám majitelů a nárokům hospodářských podniků a obyvatel v krajině a často postrádal dodržování principů racionální péče o produkci a ochranu lesních porostů.

Palčivý problém v této oblasti — neřízené rozlivy říčních vod na zemědělských a lesních pozemcích a výskyt obrovského množství bodavého hmyzu — byl v minulosti řešen jen dílčími úpravami hlavně na středních tocích řek k ochraně sídlišť a průmyslových center. Na lesním fondu pak byla zřizována síť odtokových příkopů, majících za cíl rychleji odvést záplavovou vodu z lesa.

Nejvýznamnějším komplexem technických opatření, která změnila ekologickou i hospodářskou situaci v inundační oblasti dolního toku Dyje a Moravy, byla realizace technických vodohospodářských a melioračních úprav, započatých již před rokem 1970. Cílem těchto úprav bylo zajištění ochrany inundačního území před povodněmi a získání nových zdrojů vody pro závlahové soustavy hlavně na zemědělských pozemcích. Tato opatření mají vyústit do zlepšení pracovních podmínek v lesním hospodářství a v zemědělství a zlepšit kvalitu životního prostředí a sociálně ekonomickou a kulturní úroveň obyvatel.

Funkčně nejdůležitější technická opatření, která mají vliv na ekologickou situaci a na obhospodařování lužních lesů a přilehlých zemědělských pozemků, jsou zejména: regulace a ohrázování toků vč. systémů odlehčovacích koryt, výstavba jezů a spádových stupňů se souborem odvodňovacích a zavodňovacích systémů, úpravy nivelety dna hlavních toků a výstavba akumulčních nádrží v oblasti Nových Mlýnů.

Technické vodohospodářské úpravy na jižní Moravě jsou příkladem antropického vlivu formou velkého technického díla, podmiňujícího změny faktorů, důležitých pro fungování přírodních ekosystémů lesních i nelesních v dosahu jejich vlivu. Ke znakům ekologické a produkční povahy ekosystémů, které doznávají změn vlivem úprav, patří hlavně odstranění náplavových kalů, odstranění povrchových rozlivů vody, změna úrovně a dynamiky podzemní vody a vody v půdě, změna jiných fyzikálních vlastností půdy aj. Důsledkem toho jsou změny ve struktuře biocenóz a v povaze a intenzitě produkčních a dekompozičních procesů, probíhajících v terestrických i vodních ekosystémech dané oblasti. Dominantním faktorem, který je nejvíce úpravami ovlivňován, je zde ekologicky účinná voda určující dynamiku struktur a procesů terestrických ekosystémů a jejich produktivitu.

Reakce bioty na tyto měnící se faktory a podmínky a adaptační schopnost populací živých organismů, zejména v ekosystémech lesních, představuje složitý komplex nepoznaných otázek, k jejichž vyřešení směřují některé ekologické studie.

V podmínkách intenzivně člověkem ovlivňovaných lesů jihomoravského luhu jsme zvolili metodu přímé analýzy gradientů k ověření distribuce populací druhů nedřevnaté vrstvy a charakteristik vlhkosti půdy podél topografického gradientu vlhkosti. Nejvýznamnější znaky vegetace a půdy byly vyšetřeny jednorázově v roce 1978. Pomocí tohoto výzkumu, který bude v dalších časových intervalech opakován, mají být ověřeny zejména ekologické změny, ke kterým dochází v jihomoravských lužních lesích technickými úpravami odtokových poměrů řek v původně inundační oblasti a posouzen ustálený stav ekologických podmínek v období, kdy bude soustava vodohospodářského díla trvale působit.

MATERIÁL A METODY

Výzkum byl konán v oblasti lednického luhu klimaticky charakterizované jako aridně subhumidní s mírnou zimou, průměrná roční teplota 9 °C, dlouhodobý průměrný úhrn (1901–1950) ročních srážek 524 mm (v období po úpravách 1973–1981 roční průměrný úhrn 454 mm). Půdy v nivě řeky Dyje jsou vytvořeny na těžších holocenních nánosích s příznivou vlhkostí, ovlivňovanou podzemní (do roku 1972 též záplavovou) vodou, málo vzdušné, s omezenou schopností pohybu vody v půdě, bohaté živinami. Výjimku tvoří vyvýšené písčité půdy eolického původu, se svěžími dobře prohumózněnými půdami.

Průřezový pás v délce 300 m byl zvolen v lesním komplexu s poměrně homogenním stromovým patrem hospodářského lesa severně od Lednice na Moravě mezi 160,90 m a 162,60 m nadmořské výšky. V konstantních vzdálenostech střídavě po obou stranách osy pásu bylo odebráno 130 vzorků bylinné vegetace na ploškách 50 × 50 cm. Na každé plošce byl zjištěn počet jedinců u všech vyskytujících se druhů a hmotnost sušiny jejich nadzemní části. Vypočtena byla denzita druhů a biomasa na 1 m².

Dále byly určeny topografické kóty význačných bodů průřezového pásu, změřena hladina podzemní vody v období maxima a minima v sondách vyvrtaných do

úrovně podložních štěrkopísků a provedeny odběry půdních vzorků z hloubky 5 a 25 cm k určení nejzávažnějších vlastností půdy. Byla určena okamžitá půdní vlhkost v době jejího předpokládaného maxima a minima, pórovitost (P), půdní hydrolimity — retenční vodní kapacita (RVK podle Drbala), bod vadnutí (BV podle Váše) a bod snížené dostupnosti vody [BSD = BV + 0,5 (RVK — BV)]. V souvislosti s měřením hladiny podzemní vody byly zjištěny též výšky hydrostatického tlaku.

Hodnoty srážek v roce výzkumu odpovídaly do konce května dlouhodobému normálu, další část roku, zejména červenec až září, vykazovala hodnoty srážek silně podnormální. Hydrologická situace v roce 1978 hodnocená podle dynamiky kolísání úrovně hladiny podzemní vody měla normální průběh. Maximální úroveň hladiny podzemní vody nastala koncem dubna a roční minimum bylo koncem září. Rozdíl hladin při maximu a minimu činil cca 120—130 cm (hodnoceno podle celoročního sledování ve vypažených vrtech ležících nedaleko sledovaného pásu).

Topografická poloha a gradient nadmořské výšky v lužních lesích souvisí s gradientem vlhkosti (chápaný jako komplexní gradient podle Whittakera R. H. 1973), který byl přijat za základ pro uspořádání a vysvětlení zkoumaných údajů o vegetaci i o prostředí.

Zpracování údajů z terénních a laboratorních měření bylo konáno technikami obvyklými v produkční ekologii, v gradientové analýze a výzkumu půdy. Rozšíření populací rostlinných druhů s vyznačením center jejich rozšíření podél topografického gradientu vlhkosti jsme uspořádali do přehledného grafu. Amplitudy a centra rozšíření druhů ve vztahu k vlhkostnímu gradientu se staly podkladem pro posouzení ekologického chování druhů vůči půdní vlhkosti. Druhy byly označeny hodnotami indexů relativní ekologické stupnice, upravené pro lokální podmínky luhu při konfrontaci vlastních výsledků s údaji Ellenberga H. (1974), Zlatníka A. (1970), Plívy K. a Průši E. (1969) a tak vytvořeny ekologické skupiny. Druhy s velmi podobným ekologickým chováním byly označeny stejným indexem stupnice zvolené pro lokální podmínky od č. 4 do č. 10.

Údaje o hmotnosti biomasy populací, vyjádřené v gramech absolutní sušiny na 1 m² byly pro každý interval gradientu prostředí uspořádány do tabulky a sumarizovány. Pro každý interval byly vypočteny též vážené aritmetické průměry hodnot indexů ekologických skupin a hodnoty procentuální podobnosti ke krajním interválům. Názvy rostlinných druhů jsou převzaty z Dostála J. (1958).

VÝSLEDKY A DISKUSE

Pro vzájemné konfrontaci znaků gradientů prostředí a gradientu vegetace byl za základ pro uspořádání vzorků vegetace a půdy vzat topografický gradient nadmořské výšky vyjadřující současně gradient vlhkosti (topografický gradient vlhkosti) a rozdělen do pěti interválů: 162,6—162,3 m (i. 1); 162,3—161,7 m (i. 2); 161,7—161,5 m (i. 3); 161,5—161,2 m (i. 4); 161,2—160,9 m (i. 5). Celkový výškový rozdíl okrajů průřezového pásu činil 1,7 m.

Ukázalo se, že již 10—20 cm výškové rozdíly vyvolávají v některých polohách významné změny ve složení vegetace i v půdních vlastnostech. Posoudíme-li uvedené výškové intervaly z pohledu záplavových situací v minulosti (před rokem 1972), pak pro nejnižší položený interval (i. 5) možno přisoudit délku trvání záplavové vody do 60 dnů, pro navazující (i. 4) 15—30 dnů, pro interval s převýšením terénu 50—60 cm (i. 3) trvání záplavy 7—14 dní. Nejvýše položené dva intervaly, vázané na terénní vyvýšeninu (hrůdu) zaplavovány nebývaly.

Distribuce populací druhů bylinné synusie podél topografického gradientu vlhkosti je znázorněna v grafu na obr. 1. Sled druhů uspořádaných s ohledem na rozpětí center jejich rozšíření (maxima denzity) podle stoupajících nároků na vlhkost vykazuje vcelku pravidelný trend od nejméně k nejvíce náročným na vlhkost. Přitom je možno pozorovat, že každý z druhů má zcela individuální chování, při-

hlížíme-li k hranicím amplitudy jeho výskytu. Tyto amplitudy se velmi často široce překrývají a lze ztěžší nalézt pro dva nebo více druhů totožné rozšíření. To potvrzuje zobecněné poznatky o individualitě druhů a o kontinuu společenstva provedené R a m e n s k ý m L. G., (1926) a v poslední době též W h i t t a k e r e m R. H., (1973).

Přehledné uspořádání populací druhů podle relativních pozic center jejich rozšíření podél daného gradientu bylo podkladem k odhadu ekologické hodnoty každého druhu a k vytvoření indexů ekologických skupin.

Hodnoty indexů ekologických skupin byly pro dané podmínky charakterizovány půdní vlhkostí jako půdy: 4 — čerstvé; 5 — střídavě vlhké; 6 — vlhké s níže položenou hladinou podzemní vody, popř. krátkodobou přítomností vody záplavové; 7 — vlhké s výše položenou hladinou podzemní vody, popř. s krátko- až střednědobou přítomností vody záplavové; 8 — mokré s hladinou podzemní vody blízko povrchu půdy, popř. se střednědobou přítomností záplavové vody; 9 — mokré s hladinou podzemní vody blízko půdního povrchu jen mírně kolísající, popř. s dlouhodobou přítomností záplavové vody; 10 — zbahnělé s dlouhodobou až trvalou přítomností vody při půdním povrchu nebo mírně nad ním.

Při tvoření charakteristik ekologických skupin se vycházelo ze situace v době pravidelných záplav, neboť se ukazuje, že i po jejich odstranění po delší dobu většina druhů přežívá na původních lokalitách. Po ustálení vodního režimu změněného vodohospodářskými úpravami budou charakteristiky indexů ekologických skupin přepracovány.

Hodnoty indexů ekologických skupin jsou pro všechny druhy s vyšší frekvencí uvedeny v tabulce I, což možno považovat za prvou variantu uspořádání, která bude postupně upřesňována výzkumem dalších průřezových pásů. Tabulka I obsahuje pro každý z pěti intervalů topografického gradientu vlhkosti údaje o hmotnosti sušiny biomasy populací jednotlivých druhů bylin. Biomasa se projevuje jako hodnota vhodně vystihující podíl druhu v synusii. Sumy hmotnosti biomasy bylinné vrstvy pro každý interval vykazují rostoucí hodnoty se stoupající vlhkostí od cca 85 g.m⁻² na nejvýše položeném nejsušším intervalu do cca 148 g.m⁻² na nejnižší položeném (nejvlhčím) intervalu. Druhy s nejvyšší hmotností se v rámci jednotlivých intervalů daného gradientu podílejí podle klesajících hodnot biomasy takto:

Interval 1 (nejsušší): *Lamium maculatum* L. ssp. *maculatum*, *Chaerophyllum temulum* L., *Geum urbanum* L., *Dactylis glomerata* ssp. *polygama* (Horv.) Dom.;

Interval 2: *Brachypodium silvaticum* (Huds.), P. Beauv., *Rubus caesius* L., *Dactylis glomerata* ssp. *polygama* (Horv.) Dom., *Lamium maculatum* L. ssp. *maculatum*, *Glechoma hederacea* ssp. *glabriuscula* (Neilr.) Gams.;

1. Distribuce populací druhů bylinné vrstvy podél topografického gradientu vlhkosti v lužním lese u Lednice na Moravě. Druhy jsou seřazeny s přihlédnutím k centrům jejich rozšíření podél gradientu. — Distribution of the populations of herbaceous layer species along the topographical moisture gradient in a riverine forest near Lednice in Moravia

trvání záplav v době inundace dnů v roce	klesající výška stoupající vlhkost			
	0	7-14	15-30	do 60
<i>Corydalis cava</i> (L.) Schw. et Koerte				
<i>Arum alpinum</i> Terpö				
<i>Lamium maculatum</i> L. ssp. <i>maculatum</i>				
<i>Pulmonaria officinalis</i> ssp. <i>maculosa</i> (Hayne) Gams				
<i>Chaerophyllum temulum</i> L.				
<i>Veronica chamaedrys</i> L.				
<i>Alliaria officinalis</i> Andr.				
<i>Circaea lutetiana</i> L.				
<i>Viola silvatica</i> Fr.				
<i>Brachypodium silvaticum</i> (Huds.) P. Beauv.				
<i>Dactylis glomerata</i> ssp. <i>polygama</i> (Horv.) Dom.				
<i>Impatiens parviflora</i> DC.				
<i>Geum urbanum</i> L.				
<i>Roegneria canina</i> (L.) Nevski				
<i>Torilis japonica</i> (Hout.) DC.				
<i>Convallaria majalis</i> L.				
<i>Moehringia trinervia</i> (L.) Clairv.				
<i>Rumex sanguineus</i> L.				
<i>Cardamine impatiens</i> L.				
<i>Deschampsia caespitosa</i> (L.) P. Beauv.				
<i>Glechoma hederacea</i> ssp. <i>glabriuscula</i> (Neilr.) Gams				
<i>Rubus caesius</i> L.				
<i>Lysimachia nummularia</i> L.				
<i>Prunella vulgaris</i> L.				
<i>Carex acutiformis</i> Ehrh.				
<i>Urtica dioica</i> L. ssp. <i>dioica</i>				
<i>Ranunculus repens</i> L.				
<i>Carex remota</i> (L.) Grubb.				
<i>Lysimachia vulgaris</i> L.				
<i>Baldingera arundinacea</i> (L.) Dumort.				
<i>Mentha aquatica</i> L.				
<i>Iris pseudacorus</i> L.				
<i>Scutellaria galericulata</i> L.				
<i>Calamagrostis canescens</i> (Web.) Roth				
<i>Ophioglossum vulgatum</i> L.				

I. Průřezový pás topografického gradientu vlhkosti v lužním lese u Lednice na Moravě (nadmořská výška 160,9—162,6 m). — Topographical moisture gradient in a riverine forest near Lednice in Moravia in cross-section (altitude 160.9—162.6 m) Tabulka obsahuje údaje o nadzemní biomase bylin na 1 m², seskupené podle výškových intervalů. Druhům jsou přiřazena čísla ekologických skupin vyjadřujících vztah ke gradientu vlhkosti.

Taxon	Ekolog. skupina číslo	Stoupající vlhkost				
		topografická poloha				
		svah terén. vyvýšeniny		rovina	plochá sníženina mírného sklonu	dno sníženiny
		horní část	dolní část			
		1	2			
<i>Corydalis cava</i> (L.) Schw. et Koerte	4	2,25	0,25			
<i>Arum alpinum</i> Terpö	4	0,09				
<i>Veronica chamaedrys</i> L.	4	0,77	3,85		0,46	
<i>Lamium maculatum</i> L. ssp. <i>maculatum</i>	5	32,11	8,54			
<i>Pulmonaria officinalis</i> ssp. <i>maculosa</i> (Hayne) Gams	5	8,07	5,04	0,01		
<i>Chaerophyllum temulum</i> L.	5	20,87	0,82	1,41		
<i>Alliaria officinalis</i> Andr.	5	0,72	0,08	0,01	0,03	
<i>Circaea lutetiana</i> L.	5	0,54	0,46	0,01	0,01	
<i>Viola silvatica</i> Fr.	5	0,29	1,42	0,16		
<i>Brachypodium silvaticum</i> (Huds.) P. Beauv.	5	1,45	29,21	1,09		
<i>Dactylis glomerata</i> ssp. <i>polygama</i> (Horv.) Dom.	5	4,11	18,16	12,93	0,01	
<i>Geum urbanum</i> L.	5	5,76	1,80	3,69	0,48	
<i>Impatiens parviflora</i> DC.	6	0,26	0,19	0,22	0,37	
<i>Roegneria canina</i> (L.) Nevski	6			6,29		
<i>Torilisj aponica</i> (Hout.) DC.	6	0,58	0,63	3,69	1,51	0,03
<i>Convallaria majalis</i> L.	6	0,30	0,29	9,11	1,69	

<i>Moehringia trinervia</i> (L.) Clairv.	6	4,08	0,31	1,39	0,24	0,23
<i>Rumex sanguineus</i> L.	6		0,02	0,14	2,53	2,52
<i>Cardamine impatiens</i> L.	6		0,16	1,22	3,60	0,70
<i>Urtica dioica</i> L. ssp. <i>dioca</i>	6	1,37	2,28	0,11	2,56	1,09
<i>Glechoma hederacea</i> ssp. <i>glabriuscula</i> (Neilr.) Gams	6	0,89	5,26	0,12	16,08	
<i>Deschampsia caespitosa</i> (L.) P. Beauv.	7			65,58	35,35	
<i>Rubus caesius</i> L.	7	0,45	16,14	2,52	18,59	0,73
<i>Lysimachia nummularia</i> L.	7		1,20	0,97	7,16	1,32
<i>Prunella vulgaris</i> L.	7			0,05	0,18	
<i>Carex remota</i> (L.) Grufb.	7		0,98	0,54	11,22	0,01
<i>Ranunculus repens</i> L.	8			0,37	4,21	1,43
<i>Carex acutiformis</i> Ehrh.	9		0,11		21,69	17,23
<i>Lysimachia vulgaris</i> L.	9				2,39	32,14
<i>Mentha aquatica</i> L.	9				0,09	3,48
<i>Baldingera arundinacea</i> (L.) Dumort.	9				7,33	14,04
<i>Scutellaria galericulata</i> L.	9				0,05	3,57
<i>Ophioglossum vulgatum</i> L.	9					0,72
<i>Calamagrostis canescens</i> (Web.) Roth	9					63,78
<i>Iris pseudacorus</i> L.	10				2,49	4,53
Sa		84,96	97,20	111,63	140,32	147,55
Vážený aritmetický průměr ekologických skupin		5,06	5,43	6,46	7,31	8,90
Procentuální podobnost ke stupni 1.		—	30,43	13,94	4,55	1,54
Procentuální podobnost ke stupni 5.		1,54	2,90	2,52	24,16	—
Relativní převýšení ve vztahu k nejnižše položenému bodu v terénu v cm		140—170	80—130	60—70	30—50	0—20

Interval 3: *Deschampsia caespitosa* (L.) P. Beauv., *Dactylis glomerata* ssp. *polygama* (Horv.) Dom., *Convallaria majalis* L., *Roegneria canina* (L.) Nevski, *Torilis japonica* (Houtt.) DC.;

Interval 4: *Carex acutiformis* Ehrh., *Deschampsia caespitosa* (L.) P. Beauv., *Rubus caesius* L., *Glechoma hederacea* ssp. *glabriuscula* (Neilr.) Gams, *Carex remota* (L.) Grufb., *Lysimachia nummularia* L., *Baldingera arundinacea* (L.) Dumort.;

Interval 5 (nejvlhčí): *Calamagrotis canescens* (Web.) Roth, *Carex acutiformis* Ehrh., *Baldingera arundinacea* (L.) Dumort., *Iris pseudacorus* L., *Mentha aquatica* L., *Scutellaria galericulata* L.

Vážené aritmetické průměry indexů ekologických skupin jako ukazatelé relativní pozice ke komplexnímu gradientu vykazují stoupající hodnotu od 5,06 pro nejsušší po 8,90 pro nejvlhčí interval. Přitom nejmenší rozdíl hodnot vážených průměrů vykazují intervaly 1 a 2 a největší intervaly 4 a 5. To vcelku objektivně vyjadřuje vlhkostní rozdíly zjištěné i výzkumem půdy.

Procentuální podobnost odvozená z rozdílů biomasy jednotlivých druhů pro srovnávané dvojice intervalů průřezového pásu vyjadřuje vzdálenost jednotlivých vzorků navzájem. Hodnoty vypočtené ze vztahu k intervalu 1 (nejsuššímu) vykazují vzrůstající odlišnost směrem k intervalu 5. Přitom podobnost mezi vzorky 1 a 2 je zde největší. Podle hodnot procentuální podobnosti odvozených ve vztahu k intervalu 5 je procentuální podobnost mezi intervaly 5 a 4 menší než mezi 1 a 2.

Z posledních dvou ukazatelů je možno usoudit na poměrně blízkou ekologickou vzdálenost mezi intervaly 1 a 2, přestože zde výškový gradient roste nejrychleji. Přitom ekologické vzdálenosti mezi dalšími intervaly rostou rychleji při méně výrazně se měnícím gradientu.

Půdní poměry studovaného průřezového pásu odpovídají sedimentačním procesům, které se podílely na vzniku rozsáhlé nivy řeky Dyje. Na podložní pleistocenní šterkopískové terase byly pomístně vyváté duny z jemného písku a terén byl zarovnán těžšími sedimenty holocenních kalových náplavů. Povrchová modelace mikroreliéfu je pak závislá na místních posunech hlavního recipientu během vzniku nivy a jeho ramen i přítoků a také na stupni rozvoje vegetačního krytu. Tuto skutečnost dokazují postupně v různých výškových úrovních vyskytující se relikt, tzv. pohřbené horizonty.

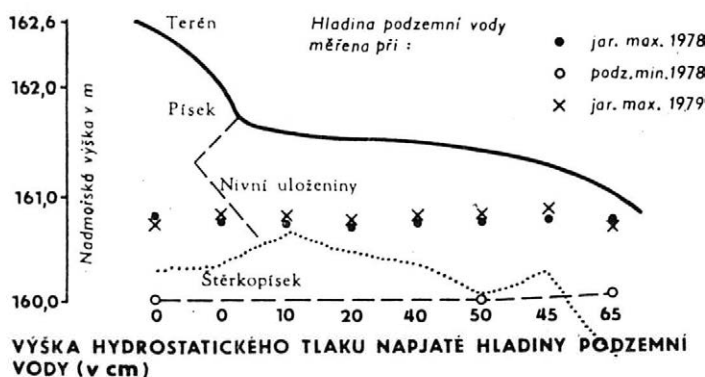
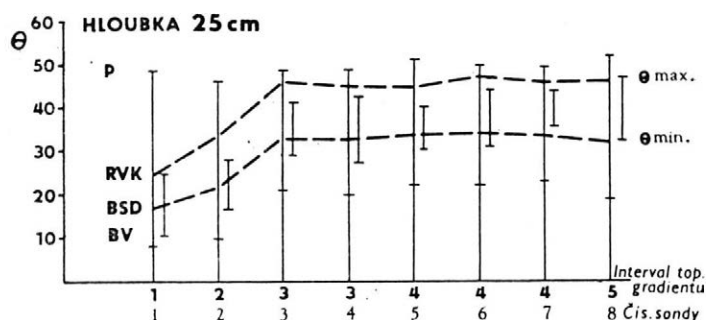
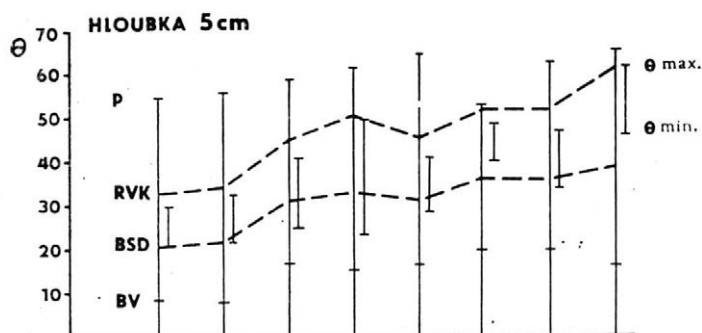
Fyzikální poměry půd kořenové zóny bylinného patra jsou zhodnoceny v tabulce II. Převážná část studovaného pásu má těžší zrnitostní složení s obsahem jílovité frakce (zrna menší jak 0,01 mm) od 38 do 61 %. Pouze u sondy 1 a 2 je profil písčitohlinitý s obsahem jílnatých částic od 12 do 20 %. Půdní pórovitost povrchové vrstvy (5–10 cm) je vesměs příznivá a dosahuje hodnot vyšších jak 60 %. Výjimku tvoří pouze sonda č. 6, kde je povrch půdy ulehlý s nízkou vzdušnou kapacitou a pórovitost je zde snížena na 53 %. U sondy 1 a 2, tj. u hlinitopísčitého humózního profilu, znamenají hodnoty pórovitosti 54 a 55 %, resp. 46 a 48 %, také velmi příznivou pórovitost. V hloubce 25 cm je pórovitost půdy celkově nižší a hodnoty jsou dosti vyrovnané (od 48 do 51 %). Příznivý stav půdní pórovitosti koresponduje s výslednými hodnotami plné vodní kapacity, které se navzájem neodlišují s výjimkou půdního povrchu u sondy č. 5. Optimálním vlhkostním poměrům v půdě odpovídá stanovená hodnota retenční vodní kapacity. V porovnání

II. Fyzikální poměry půd na průřezovém pásu Lednice. — Physical properties of soils in the transect of Lednice

Sonda	Hloubka v cm	Objemové %									I. ktg. % hmot.	ρd g.cm ⁻³	ρs g.cm ⁻³
		P	PVK	RVK	BSD	BV	ČH	Θ_1	Θ_2	V			
1	5	54,69	53,42	32,05	19,82	7,60	2,71	29,68	20,47	11,13	12,0	1,168	2,56
	25	48,46	43,62	24,63	16,32	8,02	1,91	24,14	10,37	13,60	13,4	1,347	2,60
2	5	55,91	50,14	35,37	21,90	8,44	3,77	32,83	20,76	14,65	14,8	1,214	2,54
	25	46,01	45,16	34,07	22,06	10,06	3,86	28,51	17,46	7,76	20,2	1,424	2,63
3	5	59,30	57,46	45,53	31,36	17,20	7,37	41,37	25,55	10,25	44,0	1,053	2,58
	25	48,51	50,63	46,26	33,44	20,62	9,05	40,90	29,48	0,55	55,4	1,384	2,68
4	5	61,72	61,13	51,80	33,60	15,40	7,14	50,54	23,58	4,27	38,0	0,984	2,56
	25	48,87	48,74	45,35	32,68	20,02	9,08	42,13	27,54	1,50	53,4	1,368	2,66
5	5	65,18	56,85	45,43	30,92	16,42	6,48	40,82	28,40	15,10	41,4	0,860	2,47
	25	51,32	48,88	44,76	33,47	22,18	9,02	40,21	30,06	4,42	60,6	1,298	2,65
6	5	53,13	56,94	52,88	36,57	20,26	8,51	48,78	40,66	(-1,69)	54,2	1,209	2,56
	25	49,43	50,96	47,59	34,97	22,36	9,57	43,75	31,61	0,14	61,2	1,344	2,65
7	5	63,35	61,06	51,61	35,51	19,42	6,49	47,21	34,42	7,93	51,4	0,927	2,51
	25	48,47	48,80	45,43	33,80	22,18	9,41	43,04	36,23	1,04	60,6	1,352	2,62
8	5	66,00	67,44	61,92	38,87	15,82	6,71	62,24	46,51	0,43	39,4	0,848	2,49
	25	51,00	48,99	46,10	32,28	18,46	7,96	45,81	32,37	3,27	48,2	1,347	2,63

P — půdní pórovitost
 PVK — plná vodní kapacita
 RVK — retenční vodní kapacita podle Drbala
 BSD — bod snížené dostupnosti = BV + 05 (RVK - BV)
 BV — bod vadnutí podle Váše
 ČH — číslo hygroskopie podle Mitscherliche

Θ_1 — okamžitá půdní vlhkost (jarní maximum)
 Θ_2 — okamžitá půdní vlhkost (podzimní minimum)
 V — minimální vzdušná kapacita podle Nováka
 I. ktg. — první zrnitostní kategorie podle Kopeckého
 ρd — objemová hmotnost suché půdy
 ρs — měrná hmotnost půdy



2. Průřezový pás gradientu prostředí v lužním lese u Lednice na Moravě: okamžitá půdní vlhkost (θ v obj. %) v době ročního maxima a minima v porovnání s půdními hydro-limity a maximální a minimální úrovní hladiny podzemní vody. — Environmental gradient in cross-section in a riverine forest near Lednice in Moravia: actual moisture of soil (θ in volume %) during the annual maximum and minimum in comparison with the soil hydro-limits and maximum and minimum ground-water level

s půdní pórovitostí jsou hodnoty retenční vodní kapacity často podstatně nižší, a to nejen u písčitých profilů sondy 1 a 2, ale také v profilech těžších půd. Maximální jarní navlažení půd vykazuje hodnoty blízké retenční vodní kapacitě, popř. relativně cca o 10–15 % nižší. Celkový pokles půdní vlhkosti (rozdíl zjištěného maxima a minima) v průběhu roku 1978 byl velice rozdílný. Pohyboval se mezi 7 až 27 %, což je dáno jak heterogenitou půdního prostředí, tak také proměnlivostí vegetačního krytu.

Některé půdní vlastnosti sledovaného průřezového pásu jsou znázorněny na obr. 2. Z dolní části obrázku je patrné, že interval 1 leží na výrazné písčité duně a sousední interval č. 2 tvoří přechod k vlastním nívním uloženinám těžšího zrnitostního složení o mocnosti 95–195 cm. Makroskopicky vyniká u intervalů č. 2 až 5 výrazný tmavě zbarvený pohřbený horizont, ležící v hloubce od 40–50 cm do 80–90 cm. Jde o zrnitostně nejtěžší zeminu v půdním profilu celého pásu. Rovněž fy-

zikální poměry tohoto horizontu jsou méně příznivé a jeho propustnost pro vodu je nízká.

Z měření hladin podzemní vody vyplývá, že jejich maxima se v letech 1978 i 1979 téměř shodovala. V této souvislosti je třeba zdůraznit, že po vodohospodářských úpravách (prakticky již od roku 1972) nedochází na území pásu k rozsáhlým inundacím, což zřejmě působí změny pedogenetických procesů, podílejících se na tvorbě povrchových vrstev půdy (snížená půdní vlhkost, omezení kalových hnojivých sedimentů, vyšší provzdušenost apod.).

Z obr. 2 dále vyplývá, že maximální hladina podzemní vody na jaře v letech 1978 a 1979 byla cca 24 cm pod povrchem uprostřed intervalu 5. U nejsuššího intervalu 1 byla hladina v hloubce 170 cm. Mocnost a hloubka uložení rozhraní méně propustných náplavů a propustných štěrkopísků ovlivňuje podstatnou měrou místní napjatost hladiny podzemní vody, která byla zjištěna při terénním průzkumu.

Ze sledování minimální úrovně hladiny podzemní vody na podzim vyplývá, že podzemní voda v listopadu 1978 klesla do hloubky 90 cm v intervalu 5 a 245 cm od povrchu půdy u intervalu 1. Při tomto stavu se podzemní voda vyskytuje vesměs již v propustných štěrkopíscích a vytváří tudíž volnou hladinu.

Na obr. 2 jsou dále znázorněny hodnoty výšky hydrostatického tlaku vyjádřené diferencí mezi hladinou podzemní vody v době naražení sondy a později v době ustálení hladiny v sondě. Tyto hodnoty velmi dobře korespondují s mocností kalových náplavů v jednotlivých místech průřezového pásu.

Tentýž graf obsahuje dále pro svrchní půdní horizont zjištěné půdní hydrolimity, hodnoty pórovitosti, mezní hodnoty půdní vlhkosti v obdobích vlhkostního minima a maxima v roce 1978. Byly zkoumány vzorky půdy z hloubky 5 a 25 cm, kde je rozmístěna většina kořenů bylin. Z porovnání hodnot zjištěných u obou hloubek je patrna větší vyrovnanost výsledných hodnot u vzorků z hloubky 25 cm, zatímco vzorky z hloubky 5 cm pod povrchem vykazují výraznější rozkolísanost hodnot půdních hydrolimitů a vyšší provzdušenost s výjimkou 1. úseku v intervalu 4. Z grafu lze dále vidět jednotlivé vlhkostní gradienty vyznačené intervalů.

U intervalu č. 1 dochází v hloubce 25 cm již k značnému proschnutí půdního profilu až téměř k bodu vadnutí.

Interval č. 2 představuje přechodný typ mezi 1 a 3, což se výrazněji projevuje v hloubce 25 cm, kde hodnoty RVK i BSD jsou vyšší a provzdušenost dosahuje též příznivějších hodnot oproti podmínkám intervalu 1. V podzimním období dochází opět k proschnutí zvláště v hloubce 25 cm, ovšem již ne tak výraznému jako v 1. intervalu.

Interval č. 3 je charakterizován relativně nejvyrovnanějšími hodnotami uvnitř hydrolimitů. Pro tento interval je však charakteristická relativně největší amplituda okamžité půdní vlhkosti mezi minimem a maximem hodnot zejména v hloubce 5 cm, kde činí 27 % objemu. Její spodní hranice sahá téměř do středu vlhkostního rozpětí mezi BSD a BV.

Interval č. 4 je obzvláště v povrchové vrstvě charakteristický rozkolísaností půdních hydrolimitů, přičemž amplituda půdní vlhkosti

leží uvnitř rozmezí RVK až BSD a jen velmi málo zasahuje pod hodnotu BSD.

Výrazně odlišný je pak interval č. 5 (nejvlhčí), u kterého leží amplituda maxima a minima půdní vlhkosti v rozmezí příznivého provlhčení, tj. mezi RVK a BSD.

Můžeme konstatovat, že vlhkostní režim půd na studovaném průřezovém pásu, který je charakterizován amplitudou maxima a minima okamžité vlhkosti a její polohou k půdním hydrolimitům, vykazuje v roce 1978 zřetelnou diferenciaci mezi jednotlivými intervaly topografického gradientu. Charakteristiky vodního režimu půdy vykazují zřetelnou gradaci od intervalu č. 1 nejvýše položeného, který můžeme charakterizovat jako relativně nejsušší, směrem k intervalu č. 5 nejnižše položenému, který vykazuje nejvyšší hodnotu půdní vlhkosti.

Je třeba si uvědomit, že toto jednorroční pozorování je do určité míry ovlivněno klimatickou a hydrologickou situací daného období. S přihlédnutím k této situaci je interval č. 5 pro rhizosféru bylin z hlediska zásobení svrchních vrstev vodou téměř optimální. U intervalu č. 4 můžeme již pozorovat při vesměs dobré zásobenosti rostlin vodou nepatrný pokles půdní vlhkosti v době minima vody v půdě pod hodnoty BSD. U intervalu č. 3 a také č. 2 je pokles vlhkosti výraznější než na předešlých intervalech, což znamená, že kořenový systém bylinného patra nemusí být obzvláště v době minima vždy dostatečně saturován lehce dostupnou půdní vodou.

Interval č. 1 je z hlediska půdní vlhkosti relativně nejméně příznivý. Pokles minimální vlhkosti v době minima až k bodu vadnutí a extrémní provzdušenosť půdy může již vytvářet v nejsušších periodách méně příznivé podmínky pro růst a vývoj.

ZÁVĚR

Posouzení ustáleného stavu ekologických podmínek, zejména vodního režimu půd, po skončení vodohospodářských technických úprav na jižní Moravě, je nezbytnou podmínkou ekologicky správného hospodaření v lužních lesích v budoucnosti. Voda v prostředí podléhá značným krátkodobým i dlouhodobým výkyvům, což činí její odstupňování podle jednotlivých měřených veličin velmi obtížným.

Jelikož nebylo možno navázat při studiu tohoto faktoru na dřívější dlouhodobá pozorování, byla zvolena metoda přímé analýzy vegetace a prostředí jako jedna z variant studia těchto otázek. Tak bylo možno charakterizovat jednotlivé intervaly topografického gradientu váženými průměry indexů ekologických skupin druhů bylin a jejich relativní ekologickou podobností. Přitom biomasa nadzemní části bylinné vrstvy vzrůstala od nejsuššího intervalu po nejvlhčí (od $85 \text{ g} \cdot \text{m}^{-2}$ do $148 \text{ g} \cdot \text{m}^{-2}$). S diferenciací podle vegetace koresponduje diferenciacie půdních vlastností s určenými půdními hydrolimity a dalšími fyzikálními vlastnostmi.

Současná dynamika hladiny podzemní vody a maxima a minima půdní vlhkosti jsou dnes v porovnání se stavem před vodohospodářskými úpravami odlišné — posunuté k suššímu gradientu. Struktura bylinné vrstvy však doznává pomalejších změn, přičemž druhy s vytrva-

lými podzemními orgány vázané na vysokou vlhkost, i když mění svoje produkční vlastnosti, setrvávají na původních lokalitách. Změny struktury bylinné vrstvy se zřejmě opoždují za změnami faktorů prostředí a typizace ekologických podmínek založená na indikaci bylinné vrstvy, která byla provedena za současného stavu, by byla pravděpodobně odlišná od typizace jen na podkladě znaků lokalit a půdy. Posouzení ekologických podmínek geobiocenologickou metodou pro budoucí stav ekosystémů lužních lesů bude možné až po ustálení trvalého stavu ve vztazích půda — vegetace.

Došlo dne 2. 12. 1982

Literatura

- DOSTÁL, J.: Klíč k úplné květeně ČSR. ČSAV Praha, 1958, 982 s.
- DRBAL, J.: Meliorační pedologie. SNP Praha, 1973
- ELLENBERG, H.: Zeigerwerte der Gefäßpflanzen Mitteleuropas. Scripta geobotanica IX, Göttingen, 1974
- KUTÍLEK, M.: Vodohospodářská pedologie. SNTL Praha, 1978
- MRÁZ, K.: Vliv plánovaných vodohospodářských úprav na lužní lesy jižní Moravy. Závěrečná zpráva — úkol čís. R-VII-20, VÚLHM, Zbraslav, 1972, 67 s.
- PLÍVA, K. — PRŮŠA, E.: Typologické podklady pěstování lesů. SZN Praha, 1969, 401 s.
- RAMENSKÝ, L. G.: Die Grundgesetzmässigkeiten im Aufbau der Vegetationsdecke. Abstr. Bot. Zlb., 1926, 7, s. 453-455
- ŠÁLY, R.: Pôda základ lesnej produkcie. Príroda Bratislava, 1978
- TÜXEN, R.: Gesellschaftsmorphologie (Strukturforschung). Haag, 1970, 359 s.
- WHITTAKER, R. H.: The Population Structure of Vegetation, in Gesellschaftsmorphologie (Strukturforschung) — Bericht über das Internationale Symposium in Rinteln 1966 der internationalen Vereinigung für Vegetationskunde. Verlag Dr. W. Junk, N. V. Den, Haag, 1970, s. 39-59
- WHITTAKER, R. H.: Direct Gradient Analysis, in Handbook of Vegetation Science, Part V, Ordination and Classification of Communities. Dr. W. Junk, b. v. — Publishers — The Hague, 1973, s. 7-47
- ZLATNÍK, A. a kol.: Lesnická botanika speciální. SZN Praha, 1970
- ZLATNÍK, A. — RAUŠER, J.: Biogeografická mapa. Mapa skupin geobiocenos (ekosystémů) ve vegetačních stupních. Kartografické nakladatelství pro Geografický ústav ČSAV, Praha, 1970

ВАШИЧЕК, Ф. — ПРАКС, А. (Ústav ekologie lesa VŠZ, Brno). Прямой анализ градиентов среды и вегетации в южноморавском пойменном лесу. Lesnictví, 29, 1983 (6): 467-480.

После проведения технического водохозяйственного устройства в области южной Моравии в пойменных лесах прекратились затопления территории и понизился уровень грунтовых вод. Новое положение исследовали методом прямого анализа градиентов вегетации и среды. На связанном трансекте были дифференцированы интервалы топографическо-влажностного градиента, характеризующиеся взвешенными средними индексами экологических групп видов травяного слоя, их относительной экологической схожестью, надземной массой разнотравной вегетации, почвенными гидролимитами и другими физическими свойствами почвы. Оказалось, что изменения структуры разнотравной вегетации запаздывают за изменениями почвенных факторов и типизация условий среды на базе фитоиндикаторов в настоящее время отличалась бы от типизации по признакам местопроизрастаний и почвы.

экология лесная; пойменные леса; грунтовая вода; биомасса

VASIČEK, F. — PRAX, A. (Ústav ekologie lesa VŠZ, Brno). *Direct Analysis of the Gradients of Environment and Vegetation in the South Moravian Riverine Forest*. Lesnictví, 29, 1983 (6) : 467-480.

Floods have been eliminated and a groundwater level has been reduced in riverine forests after realization of technical water-management measures taken in South Moravia. The newly arisen situation was studied by a direct analysis of the gradients of vegetation and environment. In a continuous transect, intervals were distinguished of a topographical and moisture gradient, characterized by the weighted means of the indexes of ecological groups of herbaceous layer species, their relative ecological similarity, aboveground biomass of herbaceous vegetation, soil hydro-limits and other physical properties of soil. It was demonstrated that changes in the structure of herbaceous vegetation lagged behind changes in the soil factors; typification of the environmental conditions using phytoindicators would be currently different from typification according to the traits of locality and soil.

forest ecology; riverine forests; groundwater; biomass

Adresa autorů:

Ing. Ferdinand Vašíček, CSc., Ing. Alois Prax, Ústav ekologie lesa VŠZ,
644 00 Brno - Soběšice

SPOTŘEBA VODY U DUBU (*QUERCUS ROBUR* L.) V ALUVIU ŘEKY DYJE ZA NELIMITUJÍCÍCH VHLKOSTNÍCH PODMÍNEK

M. Penka, J. Čermák, J. Kučera, A. Prax, J. Úlehla, V. Židek

PENKA, M. a kol. (Ústav ekologie lesa VŠZ, Brno). *Spotřeba vody u dubu (Quercus robur L.) v aluvii řeky Dyje za nelimitujících vlhkostních podmínek*. Lesnictví, 29, 1983 (6) : 481-496.

U vzrostlého jedince dubu v lužním lese byla sledována transpirace (transpirační proud, resp. průtok vody stromem) metodou tepelné bilance kmene s přímým elektrickým ohřevem v průběhu vegetačního období tří let. Byly zjištěny průkazné závislosti na meteorologických činitelích. Charakteristiky průtoku odpovídaly nelimitujícím vlhkostním podmínkám v půdě. Spotřeba vody u dubu za celé vegetační období jednotlivých let činila v závislosti na počasí v přepočtu na strom v obvodu 1 m asi 12 až 24 m³, resp. v přepočtu na porost 250 až 450 mm. Spotřeba vody na přírůstek biomasy činila 200 až 400 m³ m⁻³. Uvedeny kvantitativní údaje charakterizující adaptaci rozměrů jednotlivých částí stromu i jeho vodního provozu k mimořádně dobrému zásobování podzemní vodou.

pedologie lesnická; ekologie lesnická; dubové porosty; transpirace

Při koloběhu vody v lesních ekosystémech nacházejících se v aluviích větších řek v rovinaté oblasti jižní Moravy hraje nejdůležitější roli stromová složka lužních lesů adaptovaná na dané specifické podmínky. V předložené studii jsme se pokusili řešit otázku spotřeby vody u vzrostlého dubu letního (*Quercus robur* L.) v období nelimitujících vlhkostních podmínek. Stanovení spotřeby vody při tom vychází z přímých měření transpirace [transpiračního proudu] hodnocených spolu s klimatickými a hydropedologickými poměry oblasti. Práce byla zaměřena i z hlediska možnosti odvození spotřeby vody porostem z dat běžně sledovaných v meteorologických stanicích a ve vztahu k růstu.

SLEDOVANÁ OBLAST A PODMÍNKY PROSTŘEDÍ

Studie byla konána v letech 1972 až 1974 na výzkumné stanici Ústavu ekologie lesa VŠZ v Brně u Lednice na Moravě (polesí Horní les, odd. 523), která leží v nadmořské výšce 161 až 162 m v aluvii řeky Dyje. Typologicky jde o *Ulmeto-Fraxinetum carpineum*. Mýtný smíšený porost (založený kolem roku 1880) o průměrné výšce 27 m je tvořen ze 78 % dubem letním (*Quercus robur* L.), z 18 % jasanem (*Fraxinus excelsior* L. a *F. angustifolia* Vahl.), ze 3 % lípou (*Tilia parviflora* L.) a z 1 % ostatními dřevinami (*Acer campestre* L., *Ulmus carpinifolia* Gled., *Carpinus betulus* L., *Pirus communis* L.). Zakmenění porostu činilo 0,9. Keřový podrost tvoří převážně svida červená (*Cornus sanguinea* L.). Půdní profil sledované lokality se skládá z těžkých aluviálních náplav o mocnosti 1 až 3 m, které překrývají 4 až 6 m mocné, šterkopískové, silně propustné, většinou plně zvodnělé podloží plei-

stocenních a holocenních naplavenin vzniklých povodňovou a řečištní sedimentací (Ložek 1973). Půdy jsou klasifikovány jako semigleje (Pelíšek 1975) nebo tzv. hnědé aluviální půdy (Šály 1978).

Vegetační období v letech 1972 a 1974 byla klimaticky celkově vlhčí (s větším podílem dešťových srážek, větší vlhkostí vzduchu a menším vláhovým rozdílem), zatímco rok 1973 byl relativně sušší. Vláhový rozdíl (tj. srážky minus potenciální evapotranspirace, $E_t = P - E_t$) za měsíc květen až říjen činil v letech 1972 a 1974 asi -220 a -195 mm, roku 1973 více než dvojnásobek (asi -380 mm). Hladina podzemní vody vystoupila nad povrch půdy jen roku 1972 a od té doby byl patrný její trvalý pokles (i když se roku 1973 přiblížila k povrchu asi na 0,5 m). Během sledovaných tří let došlo jen jednou ke krátkodobému poklesu hladiny podzemní vody pod maximální hloubku zakořenění dubu. Vlhkostní poměry v půdě lze pro všechny sledované roky charakterizovat jako nelimitující, jmenovitě pro hlouběji kořenící druhy, tedy vzrostlé stromy (Krontorád 1974, Mráz 1973).

MATERIÁL A METODY

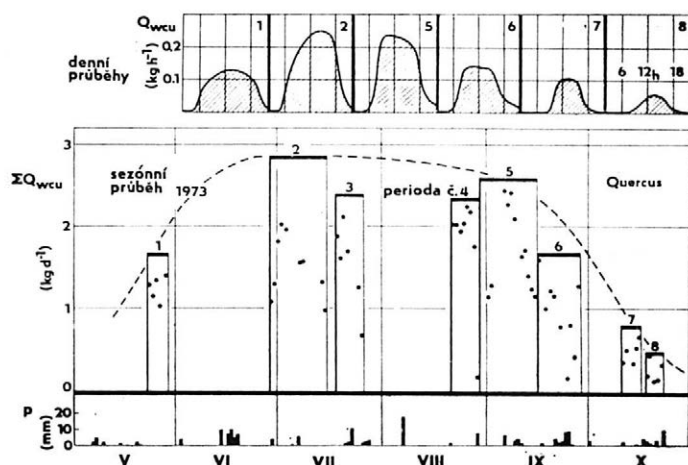
Jako pokusný strom byl vybrán vzrostlý jedinec dubu letního vysoký 33 m, který byl v porostu v dominantním postavení a měl dobře vyvinutou korunu. Průtok vody kmenem stromu, resp. transpirační proud Q_w , byl měřen metodou tepelné bilance s přímým elektrickým ohřevem xylému kmene (Čermák a kol. 1973, 1976a, 1982, Penka a kol. 1973, Kučera a kol. 1977) ve výši 1,3 m nad zemí. Kontinuálně měřená vstupní data (dodávaný výkon a teplotní difference) byla vyhodnocována v hodinových intervalech. Denní sumy průtoku byly srovnávány s denními hodnotami potenciální evapotranspirace E_t vypočtené z dat průměrné denní teploty a vlhkosti vzduchu (Linacre 1977) a dále podle vztahu Penmana (1963) upraveným postupem podle Ůlehly (1971), a to s použitím jak údajů o době trvání slunečního svitu, tak údajů o globálním záření. Data podle Linacre (1977) byla použita jednak v původním tvaru, jednak po korekci na základě gradientových měření výparu v téže porostu (Žídek 1980). Meteorologická data byla získávána buď z příslušné stanice v Lednici (Mendeum) vzdálené asi 2 km od pokusné plochy, nebo ze stanice v Pohořelicích vzdálené asi 30 km od pokusné plochy. Celková spotřeba vody stromem za vegetační období (tj. suma celodenních průtoků vody) byla vypočtena z přímo měřených dat průtoku nebo z dat odvozených (pro dny, kdy došlo z technických důvodů k výpadkům měření), a to na základě regresních rovnic ve vztahu k potenciální evapotranspiraci (Ůlehla, Čermák 1977). Data průtoku (uvažovaná pro denní sumy jako transpirace) měřená u pokusného jedince dubu byla přepočtena na celý porost podle poměru objemů nadzemní části pokusného stromu V_t a celého porostu V_s na základě biometrických údajů Vyskočta (1976) zjištěných na téže pokusné ploše. Výpočet byl konán podle vztahu:

$$Q_{ws} = Q_{wt} \frac{V_s}{V_t}$$

VÝSLEDKY A DISKUSE

SEZÓNÍ A DENNÍ PRŮBĚHY PRŮTOKU VODY (TRANSPIRAČNÍHO PROUDU)

Průtok vody kmenem pokusného dubu se začal projevovat v období rašení listů počátkem května (obr. 1). Transpirace nepochybně nastávala ještě dříve. S ohledem na malou plochu rašících listů byla však zřejmě natolik nízká, že k ní postačily zásoby vody v kmeni nad měřišťem. S rozvojem listové plochy průtok rychle stoupal a v červnu již dosahoval (za vhodných meteorologických podmínek) svého sezónního maxima. Maximální okamžité hodnoty průtoku v přepočtu na jednotkový



1. Denní a sezónní průběhy transpiračního proudu — průtoku vody stromem (Q_w , resp. ΣQ_w) u vzrostlého dubu (*Quercus robur* L.) a denní úhrny srážek (P) v lužním lese ve vegetačním období 1973. Čísla označují jednotlivé periody, ze kterých byly pořízeny křivky denních průběhů (horní část obrázku), odpovídajících přibližně bezoblačnému počasí (rekonstruované podle obalových křivek). Příslušné sloupčky v dolní části obrázku znázorňují denní sumy průtoku za periody. Body představují konkrétní hodnoty denních sum průtoku za jednotlivá data. Hodnoty průtoku jsou přepočteny na jednotkový segment kmene (tj. radiální výše kmene danou 1 cm délky obvodu dřevní části kmene) a označovány Q_{wcu} . — Daily and seasonal patterns of transpiration flow — water flow in a tree (Q_w and/or ΣQ_w) in a mature oak (*Quercus robur* L.) tree and daily precipitation sums (P) in a riverine forest in the growing season in 1973

rozměr (výšeč dřevní části kmene dané 1 cm délky jejího obvodu) činily

$$Q_{wcu}^{\max} \doteq 0,3 \text{ kg/h,}$$

maximální denní sumy průtoku dosahovaly až

$$Q_{wcu}^{\max} \doteq 3 \text{ kg/d}$$

(v obou případech jde o hodnoty ze dnů s bezoblačným počasím). To odpovídá našim dřívějším výsledkům (Čermák a kol. 1976b, 1977, 1979, Penka a kol. 1979, Penka, Čermák 1977) i údajům jiných autorů (Huzulák, Eliáš 1976). Průtok o hodnotách blízkých se maximu přetrvával za příznivého počasí poměrně dlouhou dobu, prakticky do konce srpna, resp. počátku září. V září a v říjnu průtok postupně klesal a koncem října, resp. začátkem listopadu, se již blížil nule. Z hlediska transpirace stromu trvalo vegetační období u dubu v lužním lese něco přes 180 dnů, což odpovídá charakteristice oblasti.

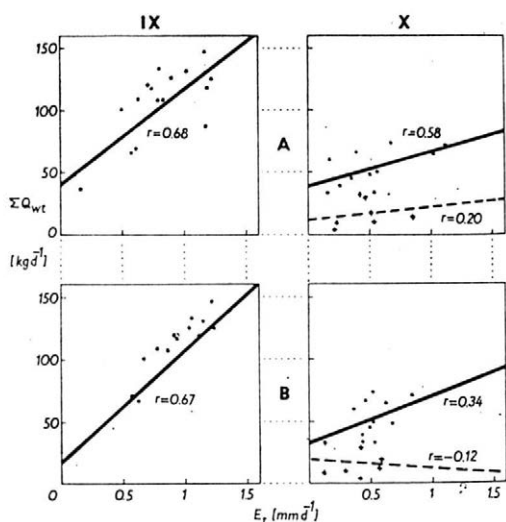
Tvar denních křivek průtoku odpovídajících bezoblačnému počasí (popř. rekonstruovaných z obalových křivek průtoku za několik dnů) byl v průběhu všech tří sledovaných let po celé vegetační období (obr. 1). S výjimkou slabého náznaku koncem září 1973 a října 1974 (v obou případech jde o rekonstruovaný tvar) se u nich neprojevovalo žádné zploštění. Patrné bylo jen zkracování denní periody transpirace z maxima asi 13 hodin v červnu na asi 8 hodin v říjnu.

Dlouhodobě přímé měření transpirace, resp. průtoku vody kmeny,

u vzrostlých stromů konalo poměrně málo autorů. Údaje Laddfo-
geda (1963), Swansona (1967), Huzuláka (1979) a Mo-
rikawy (1971) s našimi výsledky souhlasí. Tvar denních křivek prů-
toku souhlasí s teoretickým tvarem maximální křivky transpirace podle
Stockera (1956) a Makkinka a Van Hemsta (1974).
V souladu s těmito autory i našimi vlastními zkušenostmi (Čermák
1977, Penka a Čermák 1978, Čermák a kol. 1979, Penka
a kol. 1979) lze tento charakteristický tvar křivky považovat za projev
faktu, že zásoba půdní vody nelimitovala transpiraci.

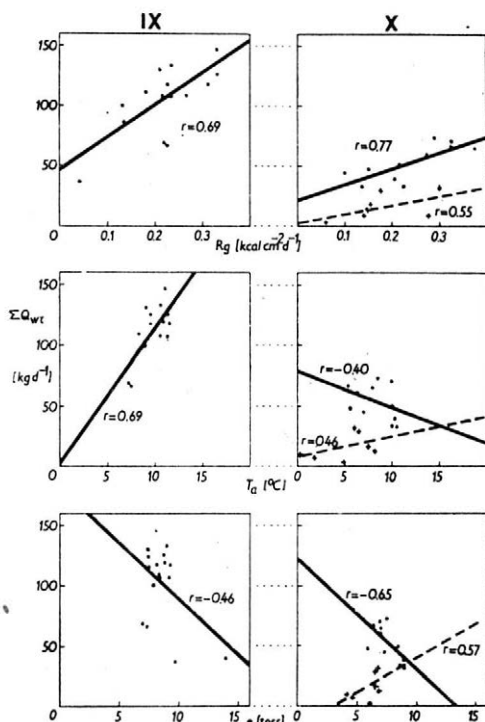
ZÁVISLOST TRANSPIRACE (PRŮTOKU) NA METEOROLOGICKÝCH ČINITELÍCH

Závislosti zjištěné v průběhu všech sledovaných let (obr. 2 až 5,
tabulka I až III) lze zhodnotit takto: Pokud jde o varianty vstupních
dat pro výpočet E_t u vzorce Penmana (1963), podle našich nověj-
ších zkušeností (nepublikováno) obvykle vychází nejlépe korelace mezi
 ΣQ_{wt} a E_t při výpočtu E_t na základě denních úhrnů globální radiace,
kdy korelační koeficient $r > 0,9$. Nižší hodnoty získané v roce 1973 lze
vysvětlit nepřesností při měření radiace, která se právě v tomto roce
vyskytla. Uvedená nepřesnost je zřejmě příčinou i „zpožděného“ vlivu
radiace na průtok (kdy se vliv R_g na ΣQ_{wt} začal projevovat až při určité
vyšší hodnotě ΣQ_{wt}), což je jev pouze zdánlivý. Naproti tomu prahové
hodnoty teploty, při kterých se začíná průtok projevovat, jsou reálné.
Ve skutečných podmínkách je ovšem nutno uvažovat jako funkční ni-
koli průměrnou teplotu vzduchu, ale teplotu povrchu listů, kořenů apod.
Jak vyplývá z výsledků měření let 1973 a 1974, kdy bylo srovnání ko-
náno, vztah mezi transpirací (průtokem) a E_t neplatí jen lokálně (tj.
pro bezprostřední okolí porostu), ale lze jej vztáhnout i na širší kra-
jinnou oblast, i když je pak těsnost vztahu většinou poněkud nižší (obr.
4). Tato skutečnost potvrzuje správnost koncepce regionálního mapo-
vání charakteristických hodnot potenciální evapotranspirace (Pall

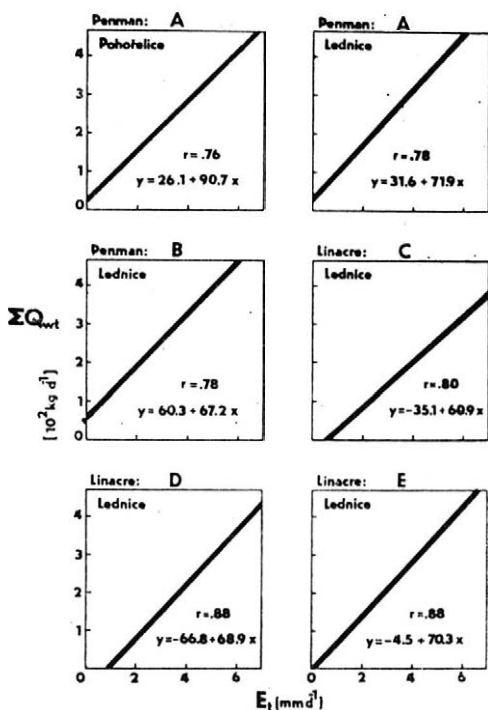


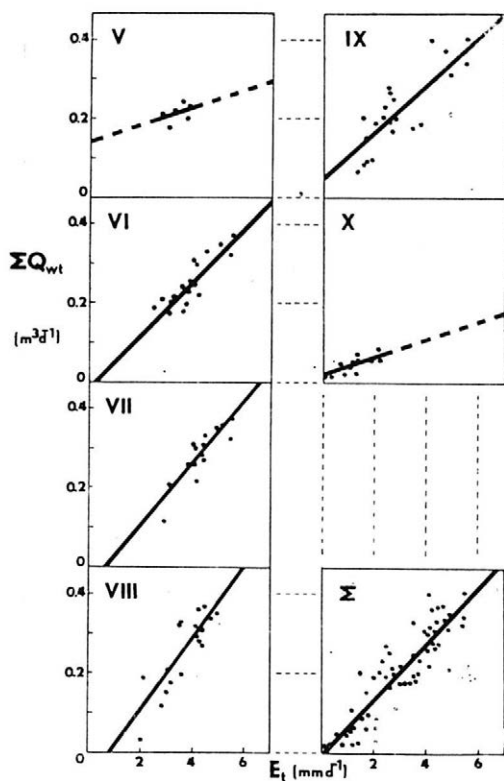
2. Závislost denních sum transpirace — průtoku vody stromem (ΣQ_{wt}) u vzrostlého dubu (*Quercus robur* L.) v lužním lese na podzim (v září a v říjnu) 1972 na potenciální evapotranspiraci (E_t) podle Penmana (1963) s použitím variant výpočtu E_t z délky doby slunečního svitu (A) a z denních úhrnů globálního záření (B). Regresní přímky vypočtené z dat pro druhou polovinu října jsou znázorněny čárkovaně. — Relation of daily transpiration sums — water flow in a tree (ΣQ_{wt}) in a mature oak (*Quercus robur* L.) tree in a riverine forest in the autumn (September and October) of 1972 and potential evapotranspiration E_t after Penman (1963), using the variants of the computation of E_t from the sunshine duration (A) and from daily sums of global radiation (B). Regression lines calculated from the data for the second half of October are represented by broken lines

3. Závislost denních sum transpirace — průtoku vody stromem (ΣQ_{wt}) u vzrostlého dubu (*Quercus robur* L.) v lužním lese na podzim (v září a v říjnu) 1972 na meteorologických prvcích: denních úhrnech globální radiace (R_g), průměrné denní teplotě vzduchu (T_a) a průměrné denní vlhkosti vzduchu (e). Regresní přímky vypočtené z dat pro druhou polovinu října jsou znázorněny čárkovaně. — Relation of daily transpiration sums — water flow in a tree (ΣQ_{wt}) in a mature oak (*Quercus robur* L.) tree in a riverine forest in the autumn (September and October) of 1972 and meteorological factors: daily sums of global radiation (R_g), average daily air temperature (T_a) and average daily air moisture (e). Regression lines calculated from the data for the second half of October are represented by broken lines



4. Závislost denních sum transpirace — průtoku vody stromem (ΣQ_{wt}) u vzrostlého dubu (*Quercus robur* L.) v lužním lese celého vegetačního období 1973 na potenciální evapotranspiraci (E_t) pro různé varianty jejího výpočtu: podle Penmana (1963) z délky doby slunečního svitu (A) a denních úhrnů globálního záření (B) — (z dat měřených v meteorologické stanici v Pohodělicích a v Lednici) a podle Linacre (1977), a to v původní formě rovnice pro celý soubor sledovaných dnů (C) a pro soubor redukovaný (D) (po vyloučení několika dnů s výskytem anomálií, tj. např. deštových srážek) a ve formě korigované (E) podle gradientových měření skutečné evapotranspirace podle Zídka (1980). — Relation of daily transpiration sums — water flow in a tree (ΣQ_{wt}) in a riverine forest during the whole vegetation period in 1973 and potential evapotranspiration (E_t) for different variants of E_t calculation





5. Závislost denních sum transpirace — průtoku vody stromem (ΣQ_{wt}) u vzrostlého dubu (*Quercus robur* L.) v lužním lese na potenciální evapotranspiraci (E_t) v průběhu vegetačního období 1973. Hodnoty E_t byly vypočteny podle Linacre (1977) korigovaného na základě gradientových měření skutečné evapotranspirace podle Žídka (1980). — Relation of daily transpiration sums — water flow in a tree (ΣQ_{wt}) in a mature oak (*Quercus robur* L.) tree in a riverine forest and potential evapotranspiration (E_t) during the vegetation period in 1973

1980) a použitelnost výsledných map jako podkladů jak pro agronomické meliorace, tak pro účely lesnické.

Závislost transpirace (průtoku) u vzrostlého dubu na E_t celého sledovaného období lze považovat za charakteristickou pro existující ne-limitující vlhkostní podmínky. Pokles směrnice regresní přímky v říjnu lze vysvětlit sníženými evaporačními požadavky období, poklesem vodivosti vodivého systému stromu (před nastávajícím opadem listů) a poklesem teploty rhizosféry. Snížená hodnota směrnice regresní přímky v červnu 1974 (při vysoké hodnotě r) odpovídá zmenšení listové plochy po částečném žíru. Závislosti během všech tří let se ukázaly dostatečně silné, aby bylo možno použít příslušných regresních rovnic (ať již pro jednotlivé měsíce, nebo celé vegetační období) k dalším výpočtům. Jde zejména o možnost doplnit hodnoty denních sum průtoku pro dny, kdy došlo z technických důvodů k výpadkům měření a o možnost vypracovat orientační prognózy transpirace. Zvyšující se stupeň závislosti pozorovaný s postupem let, kdy hodnota korelačního koeficientu stoupala z $r \approx 0,7$ až na $r \approx 0,9$, souvisí patrně se zlepšující se technikou měření průtoku (dokonalejší tepelná izolace a kompenzace teplotního gradientu v měřišti).

CELKOVÁ SPOTŘEBA VODY U DUBU ZA VEGETAČNÍ OBDOBÍ

Hodnoty celkové spotřeby vody u vzrostlého dubu v lužním lese za období květen až říjen 1973, vycházející z deseti různých variant výpočtu (tj. doplňování dat průtoku pro dny, kdy došlo k výpadkům

I. Závislost denních sum transpirace — průtoku vody stromem (ΣQ_{wt}) u vzrostlého dubu (*Quercus robur* L.) v lužním lese na denních úhrnech globální radiace (R_g) a průměrné denní teplotě vzduchu ($\bar{T}_a$) v průběhu vegetačního období 1973 (uvedeny koeficienty rovnice $y = a_0 + a_1x$). — Relation of daily transpiration sums — water flow in a tree (ΣQ_{wt}) in a mature oak (*Quercus robur* L.) tree in a riverine forest and daily sums of global radiation (R_g) and average daily air temperature ($\bar{T}_a$) during the vegetation period of 1973 (coefficients of the equation $y = a_0 + a_1x$ are given)

Vegetační období	Nezávisle proměnná	r	a_0	a_1	s^2
Květen	R_g	0,837	126,8	0,173	217,8
	$\bar{T}_a$	0,320	108,6	6,324	652,2
Červen	R_g	0,493	152,7	0,230	3362,3
	$\bar{T}_a$	0,787	- 65,2	16,89	1688,2
Červenec	R_g	0,472	185,9	0,263	3860,8
	$\bar{T}_a$	0,662	- 118,0	20,20	2791,4
Srpen	R_g	0,659	91,13	0,489	5046,1
	$\bar{T}_a$	0,233	55,56	11,32	8435,8
Září	R_g	0,789	66,54	0,599	4127,5
	$\bar{T}_a$	0,690	- 59,72	17,47	5740,5
Říjen	R_g	0,323	41,17	0,077	414,9
	$\bar{T}_a$	0,455	33,31	2,388	367,2
Celkem	R_g	0,735	50,71	0,521	6030,4
	$\bar{T}_a$	0,783	- 54,17	16,69	5080,6

II. Závislost denních sum transpirace — průtoku vody stromem (ΣQ_{wt}) u vzrostlého dubu (*Quercus robur* L.) v lužním lese na potenciální evapotranspiraci (E_t) podle Penmana (1963), vypočtené z délky doby slunečního svitu z dat v meteorologické stanici v Pohořelcích a v Lednici v průběhu vegetačního období 1974 (uvedeny koeficienty rovnice $y = a_0 + a_1x$). — Relation of daily transpiration sums — water flow in a tree (ΣQ_{wt}) in a mature oak (*Quercus robur* L.) tree in a riverine forest and potential evapotranspiration (E_t) after Penman (1963), calculated from the sunshine duration from the data obtained at the Meteorological Station at Pohořelice and Lednice during the vegetation period of 1974 (coefficients of the equation $y = a_0 + a_1x$ are given)

Meteorologická stanice	Období	r	a_0	a_1
Pohořelice	červen	0,968	- 28,48	41,76
	září	0,874	- 107,85	141,32
	říjen	0,396	- 0,047	30,61
Lednice	červen	0,970	- 25,05	38,73
	září	0,823	- 39,94	78,47
	říjen	0,498	8,35	16,58

III. Závislost denních sum transpirace — průtoku vody stromem (ΣQ_{wt}) u vzrostlého dubu (*Quercus robur* L.) v lužním lese na denních úhrnech globální radiace (R_g) a průměrné denní teplotě vzduchu ($\bar{T}_a$) v průběhu vegetačního období 1974 (uvedeny koeficienty rovnice $y = a_0 + a_1x$). — Relation of daily transpiration sums — water flow in a tree (ΣQ_{wt}) in a mature oak (*Quercus robur* L.) tree in a riverine forest and daily sums of global radiation (R_g) and average daily air temperature ($\bar{T}_a$) during the vegetation period in 1974 (coefficients of the equation $y = a_0 + a_1x$ are given)

Vegetační období	Nezávisle proměnná	r	a_0	a_1	s^2
Červen	R_g	0,617	87,96	0,272	4719,8
	$\bar{T}_a$	0,505	-84,35	17,770	5680,9
Září	R_g	0,692	22,64	0,242	1330,5
	$\bar{T}_a$	0,754	-56,69	10,280	1102,8
Říjen	R_g	0,085	25,81	0,023	514,2
	$\bar{T}_a$	0,585	-107,50	18,430	340,7
Celkem	R_g	0,749	- 3,57	0,466	5050,1
	$\bar{T}_a$	0,800	-125,40	19,070	4143,1

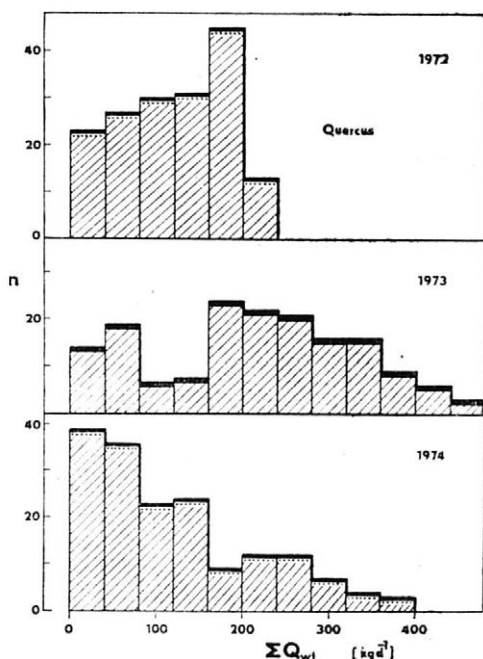
měření, podle vztahu k potenciální evapotranspiraci) — tabulka IV, byly zatíženy střední chybou průměru $\pm \varepsilon = t S_x$ pro $P_{0,05}$ asi 5 až 8 %. Rozdíly mezi jednotlivými variantami výpočtu se ukázaly velmi malé a statisticky neprůkazné. Hodnoty byly poněkud přesnější (se střední chybou nižší o 1 až 2 %) při výpočtu chybějících dat samozřejmě pro jednotlivé měsíce než pro vegetační období celkem. Celková spotřeba vody u dubu za vegetační období v letech 1972 a 1974, vycházející po doplnění chybějících dat z jediné varianty výpočtu (z dat E_i podle Penman a ze slunečního svitu v Lednici) byla stanovena s větší chybou, jmenovitě asi ± 12 %, a to zejména s ohledem na větší podíl doplnovaných dat než v roce 1973. Hodnoty celkové spotřeby vody u pokusného dubu v přepočtu na různé rozměry v porovnání s evapotranspiračním rozdílem jsou uvedeny v tabulce V.

Vypočtená spotřeba vody u dubu v lužním zaplavovaném lese s ne-limitující zásobou vody v půdě byla v klimaticky sušším roce 1973 značně vysoká. V přepočtu na výšku vodního sloupce činila asi 460 (400 až 550) mm. Lze předpokládat, že v daných podmínkách se uvedené hodnoty blíží maximálním, odpovídají však srovnatelným údajům zjištěným u porostů téhož druhu (resp. rodu). Např. Holstener — Jorgensen (1959, 1961) uvádí spotřebu vody u dubu asi 400 mm, Patrick (1961) 450 mm a Moyle a Zahner (1954) až 550 mm (cit. Rutter 1968). V klimaticky vlhčích letech (1972 a 1974) byla spotřeba vody u vzrostlého dubu nižší evidentně následkem nižších evaporačních požadavků (zvýšená oblačnost, vlhkost vzduchu apod.). To se projevilo i na větším podílu dnů s nižšími hodnotami průtoku (obr. 6).

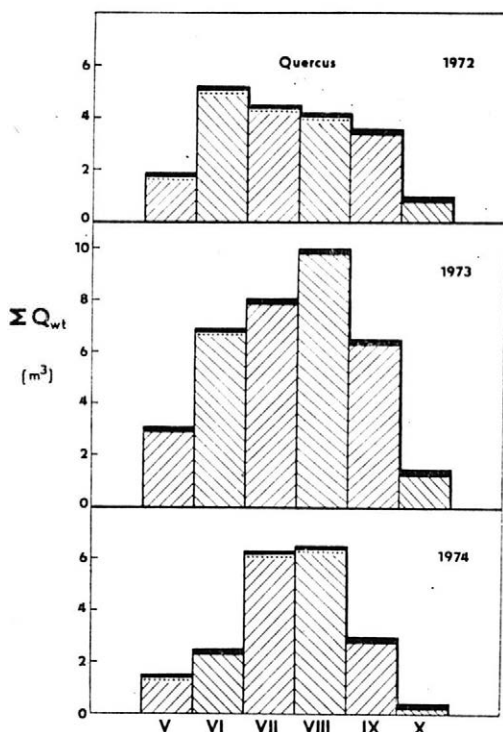
Spotřeba vody v jednotlivých měsících vegetačního období činila v klimaticky sušším roce (1973) u pokusného dubu maximálně 10 m³

IV. Spotřeba vody u pokusného dubu (*Quercus robur* L.) v lužním lese za vegetační období (květen až říjen) roku 1973, vypočtená podle různých variant odvození chybějících denních dat průtoku podle vztahu k potenciální evapotranspiraci E_t . — Water consumption in a test oak (*Quercus robur* L.) tree in a riverine forest during the vegetation period (May to October) in 1973, calculated according to different variants of derivation of the missing daily data of the flow according to the relation to potential evapotranspiration E_t

Varianta výpočtu E_t použitá k odvození některých dat ΣQ_{wt}	Regresní rovnice pro období	Spotřeba vody stromem za veget. období			
		průměr (kg)	střední chyba (% pro $P_{0,05}$)	mini- mum (kg)	maxi- mum (kg)
Penman z radiace (Lednice)	měsíce	40 287	5,86	37 000	42 575
	celkem	42 998	8,36	39 403	46 593
Penman ze svitu (Lednice)	měsíce	39 983	5,88	37 632	42 334
	celkem	41 945	7,86	38 648	45 242
Penman ze svitu (Pohořelice)	měsíce	39 797	6,13	37 357	42 237
	celkem	43 208	7,95	39 773	46 643
Linacre původní (Lednice)	měsíce	38 625	4,98	36 701	40 549
	celkem	39 363	5,95	37 021	41 705
Linacre korigovaný (Lednice)	měsíce	39 107	5,41	36 991	41 223
	celkem	38 937	5,97	36 612	41 262



6. Frekvenční diagram denních sum transpirace (průtoku vody stromem ΣQ_{wt}) u vzrostlého dubu (*Quercus robur* L.) v lužním lese z dat většinou přímo měřených (sloupcečky plnou čarou) nebo většinou odvozených z regresních rovnic podle vztahu k potenciální evapotranspiraci (tečkované sloupcečky) pro vegetační období let 1972 až 1974. — Diagram of frequencies of daily transpiration sums (water flow in a tree ΣQ_{wt}) in a mature oak (*Quercus robur* L.) tree in a riverine forest constructed from the data mostly directly recorded (full columns) or mostly derived from regression equations according to the relation to potential evapotranspiration (dotted columns) for the vegetation period of 1972—1974



7. Měsíční sumy transpirace (průtoku vody stromem ΣQ_{wt}) u vzrostlého dubu (*Quercus robur* L.) v lužním lese ve vegetačním období let 1972 až 1974. Plnou čarou jsou označena měsíční data z přímých měření, čárkovaně data odvozená z regresních rovnic podle vztahu k potenciální evapotranspiraci. — Monthly transpiration sums (water flow in a tree ΣQ_{tw}) in a mature oak (*Quercus robur* L.) tree in a riverine forest in the vegetation period of 1972—1974. Monthly data obtained from direct measurements are represented by full line, the data derived from regression equations according to the relation to potential evapotranspiration are represented by dotted line

(obr. 7). Maximum nastávalo všeobecně v červnu až srpnu. Nejnížší měsíční spotřeba vody byla pochopitelně vždy koncem období (v říjnu) — jen asi 1 m³. V daných podmínkách zaplavovaného lužního lesa měsíční spotřeba vody odpovídala příslušným evaporačním požadavkům. Relativně nižší byla jen v obdobích, kdy měl strom sníženou listovou plochu. To bylo v průběhu rašení listů (v květnu během všech tří let) a dále v období, kdy byly listy částečně poškozeny žírem obaleče *Tortrix viridana* L., resp. píďalky *Operophtera brumata* (léto 1972, červen 1974). S ohledem na to, že celková spotřeba vody za vegetační období byla vypočtena (zejména u let 1972 a 1974) při použití většího podílu odvozených dat a měření bylo konáno na jediném vzorníku, je nutno uvedené výsledky (stejně jako další z nich vypočtené) považovat jen za přibližné. Význam získaných výsledků však přesto záleží zejména v tom, že charakterizují spotřebu vody u vzrostlého dubu v lužním lese za roky, pro které jiná data z přímých měření nejsou k dispozici.

Transpirační koeficient vzrostlého dubu vyjádřený jako spotřeba vody na přírůstek hmotnosti sušiny činil asi 400 až 700. V přepočtu na přírůstek objemu biomasy činil asi 200 až 400 (tabulka VI). V klimaticky sušším roce (1973) byl asi o polovinu větší oproti vlhčím letům (1972 a 1974). Podle Polstera (1954) patří dub z hlediska transpiračního koeficientu na jedno z předních míst mezi lesními dřevinami s hodnotami (pro hmotnost sušiny) asi 344 před břízu, borovicí, modřín, smrk, douglasku a buk (který dosahuje hodnoty asi poloviční). U semenáčků ze žaludů pokusného dubu zjistili Penka a Štěpánek (1975, 1978) ve školce v letech 1972 a 1976 značně velké rozmezí transpiračního koeficientu, asi 75 až 583, které podle autorů odpovídalo rozdílu vlhkosti půdy. Podle toho byly semenáčky

V. Celková spotřeba vody u vzrostlého dubu (*Quercus robur* L.) v lužním lese za vegetační období let 1972 až 1974 a denní průměry za příslušná období v přepočtu na různé rozměry ve srovnání s vláhovým rozdílem ($\Delta E_t = E_t - \text{srážky}$) a úhrnem globálního záření (R_g). Uvedené rozmezí spotřeby vody platí pro $\pm \varepsilon = t S_{\varepsilon}$ při $P_{0,05}$. Převodní koeficient z pokusného stromu na porost podle objemu nadzemní části stromů (z materiálů Vyskoka 1976) platí pro $\pm \varepsilon = 10,6\%$. — Total water consumption in a mature oak (*Quercus robur* L.) tree in a riverine forest over the vegetation period of 1972–1974 and the daily means for particular seasons recalculated to different characters in comparison with the moisture difference ($\Delta E_t = E_t - \text{precipitation}$) and the global radiation sum (R_g). The given range of water consumption holds good for $\pm \varepsilon = t S_{\varepsilon}$ at $P_{0,05}$. The coefficient of conversion of the values of test tree to the values of forest stand according to the volume of the aboveground part of trees (after Vyskoka 1976) holds good for $\pm \varepsilon = 10,6\%$

X		1972	1973	1974
Vláhový rozdíl za období (mm)		226	383	197
Úhrn globálního záření ($\text{MJ} \cdot \text{m}^{-2}$)		2460	2719	2208
Celková spotřeba vody za vegetační období (květen až říjen)	pokusný strom (kg)	20 200 $\pm$ 12 % (17 800–22 600)	39 000 $\pm$ 6 % (37 000–41 000)	21 700 $\pm$ 12 % (19 100–24 300)
	jednotkový strom (s obvodem dřevní části kmene = 1 m) (m^3)	12,6 (11,1–14,1)	23,6 (23,4–24,8)	11,8 (10,4–13,3)
	1 m^3 objemu biomasy stromu ($\text{m}^3 \cdot \text{m}^{-3}$)	3,9 (3,5–4,4)	7,4 (7,0–7,8)	4,1 (3,6–4,6)
	nadzemní část stromu	3,4 (3,0–3,8)	6,4 (6,1–6,7)	3,5 (3,1–3,9)
	1 ha porostu stromové složky ($\text{m}^3 \cdot \text{ha}^{-1}$)	1862 (1484–2330)	3595 (3084–4227)	2001 (1592–2505)
	dub ve smíšeném porostu čistý dubový porost	2405 (1916–3009)	4644 (3983–5449)	2584 (2056–3236)
Průměrná denní spotřeba vody za vegetační období	pokusný strom (kg)	110 (97–123)	212 (201–223)	118 (104–132)
	jednotkový strom (s obvodem dřevní části kmene = 1 m) (m^3)	0,068 (0,060–0,077)	0,128 (0,121–0,135)	0,064 (0,057–0,072)
	1 m^3 objemu biomasy stromu ($\text{m}^3 \cdot \text{m}^{-3}$)	0,021 (0,019–0,024)	0,040 (0,035–0,042)	0,022 (0,020–0,025)
	nadzemní část stromu	0,018 (0,016–0,021)	0,035 (0,033–0,036)	0,019 (0,017–0,021)
	1 ha porostu stromové složky ($\text{m}^3 \cdot \text{ha}^{-1}$)	10,1 (8,1–12,7)	19,5 (16,8–23,0)	10,9 (8,7–13,6)
	dub ve smíšeném porostu čistý dubový porost	13,1 (10,4–16,4)	25,2 (21,6–29,7)	14,0 (11,2–17,6)

VI. Transpirační koeficienty u dubu (*Quercus robur* L.) — vzrostlého jedince v lužním lese — vypočtené pro různé rozměry (výčetní základnu, objem biomasy a hmotnost sušiny biomasy) v letech s rozdílnými evaporačními požadavky (1972 až 1974). — Transpiration coefficients in oak (*Quercus robur* L.) — mature tree in a riverine forest — calculated for different characters (basal area, biomass volume and biomass dry weight) in the years with different evapotranspiration requirements (1972—1974)

		1972		1973		1974	
		nad- zemní část	strom celkem	nad- zemní část	strom celkem	nad- zemní část	strom celkem
Přírůstek	výčetní základny (m^2)	0,003		0,004		0,003	
	objemu biomasy (m^3)	0,080	0,093	0,096	0,112	0,076	0,089
	hmotnosti sušiny (kg)	44	50	52	61	41	48
Spotřeba vody u vzrostlého dubu (kg)		20 200		39 000		21 700	
Spotřeba vody na přírůstek	výčetní základny ($\text{m}^3 \cdot \text{m}^{-2}$)	6 619		9 059		6 317	
	objemu biomasy ($\text{m}^3 \cdot \text{m}^{-3}$)	252	217	406	348	286	244
	hmotnosti sušiny ($\text{kg} \cdot \text{kg}^{-1}$)	459	404	750	639	529	452
Přírůstek na spotřebu vody	výčetní základny ($\text{m}^2 \cdot 1000 \text{ m}^{-3}$)	0,151		0,110		0,158	
	objemu biomasy ($\text{m}^3 \cdot 1000 \text{ m}^{-3}$)	3,96	4,60	2,46	2,87	3,50	4,10
	hmotnosti sušiny ($\text{kg} \cdot \text{m}^{-3}$)	2,18	2,48	1,33	1,56	1,89	2,21

citlivější na změny půdní vlhkosti než vzrostlé stromy. Vzrostlý dub za nelimitujících zásob vody v půdě hospodaření s vodou z hlediska její spotřeby na růst méně efektivně.

PŮDORYS KORUNY A KOŘENOVÉHO SYSTÉMU VZROSTLÉHO DUBU

Produkční i hydrologické charakteristiky rostlinných porostů jsou často vztahovány na jednotku plochy zemského povrchu. Tak lze hodnotit i jednotlivé stromy. V tomto případě uvažujeme část zemského povrchu danou průmětem jednotlivých částí stromů, jmenovitě plochu půdorysu koruny [A_c] nebo kořenového systému [A_r]. Tyto plochy lze stanovit jednak přímým biometrickým měřením, jednak nepřímo podle schopnosti vykonávat určitou funkci, pak jde o hodnoty efektivní. S ohledem na možnost hodnocení jednotlivých subsystémů (půda-strom u kořenů a strom-atmosféra u koruny) jsou příslušné plochy jako charakteristické rozměry významným ekofyziologickým ukazatelem.

Efektivní půdorysná plocha koruny [A_c^{ef}] vychází jako podíl denních sum transpirace (průtoků), $\sum Q_{wt}$ a denních hodnot potenciální E_t jako $A_c = \sum Q_{wt} / E_t$ (Ůlehla a Čermák 1977, Čermák a kol. 1979). Z vypočtených výsledků velikostí ploch efektivního a skuteč-

VII. Velikost plochy skutečného a efektivního půdorysu koruny pokusného vzrostlého dubu (*Quercus robur* L.) v lužním lese (střední chyba $P_{0,05}$). — The area of the actual and effective groundplan of the crown of a test mature oak (*Quercus robur* L.) tree in a riverine forest (mean error $P_{0,05}$)

Geodeticky stanovený půdorys koruny (m ²)		Efektivní půdorys koruny (m ²)			
		dle Penmana (1963)		dle Linacre (1977) korig.	
		max. dny	dny celkem	max. dny	dny celkem
Průměr	93 (100%)	88 (95%)	92 (99%)	78 (84%)	71 (76%)
Střední chyba	—	12 (13%)	8 (9%)	5 (6%)	11 (8%)
Minimum	—	76	84	73	63
Maximum	—	100	100	82	79

ného půdorysu pokusného stromu [tabulka VII] lze považovat za spolehlivější data ze souboru dnů s pěkným počasím (tzv. maximální dny), kdy bývají menší mikroklimatické rozdíly mezi meteorologickou stanicí a sledovaným porostem (např. včetně lokálních dešťových srážek apod.). Hodnoty A_c^{el} s použitím korigovaných dat E_i podle Linacre (1977) vycházejí u pokusného dubu 78 ± 5 m², tj. něco přes 80 % geodeticky změřeného půdorysu. Geodeticky změřenou plochu půdorysu je nutno považovat při tom za maximální, protože nutně vychází ze zaokrouhleného obrysu okraje koruny a nebere ohled na drobné proluky ve větvích členité koruny; uvážíme-li tyto proluky, je velikost ploch skutečného a efektivního půdorysu ještě bližší.

Plocha půdorysu kořenového systému (A_r) odvozená podle objemu nadzemní části pokusného stromu z regresních rovnic sestavených z údajů, které byly měřeny tzv. archeologickou metodou (Vyskot 1976), činila $53 \text{ m}^2 \pm 18 \%$. Tomu odpovídá délka průměru půdorysné plochy kořenů (za předpokladu jejich rovnoměrného kruhového rozložení) $d_r \approx 8,3$ m. Plocha půdorysu kořenového systému pokusného dubu dosahovala jen asi 60 % skutečného půdorysu jeho koruny (resp. asi 70 % půdorysu efektivního). To naznačuje, že rhizosféra daného ekosystému je méně využita jeho stromovou složkou než fylosféry (a to i v případě, že by porost měl plný zápoj). Z toho lze orientačně usuzovat, jaký podíl půdního prostoru může být využíván podrostem (v daném případě odpovídá asi 40 % plochy povrchu půdy). Uvedenému odhadu prostorových rezerv v půdě odpovídá zjištění velkého podílu bylinné a keřové složky v lužním lese. Podle Vašíčka (1975a, b, 1980) představuje tento podíl v hmotnosti sušiny asi 1,9 t na ha, tj. jen asi 4 % celkové biomasy, avšak v indexu listové plochy (LAI) činí 2,0, tj. asi 30 % celkové hodnoty rostlinného porostu. Přesná kvantifikace vztahů uvedených veličin není v dané fázi integrace výsledků reálná. Uvedené srovnání však ukazuje, že bude vhodné v dalším studiu podobné vztahy využít.

Úvahy týkající se půdorysu kořenového systému v daném případě vycházely jen ze strukturálních měření, zatímco u půdorysu koruny šlo již také o měření ekofyziologická. Jak ukazují některé naše jiné práce (Čermák a kol. 1979, 1980), je možné rekonstruovat některé rozměry na základě ekofyziologických měření i u kořenového systému. Takové informace mají význam při posuzování funkce koruny a kořenů

(např. při odhadu stupně poškození škůdci, imisemi apod.) nebo pro hodnocení vodní bilance stromů. Také jsou však vhodné pro vysvětlení změn v prostorové struktuře lesních porostů (např. během přirozeného prořezávání, vlivem probírek apod.), jako fyzikální doklad příslušných matematických modelů (např. Galickij 1979, Komarov 1979 aj.).

Došlo dne 8. 12. 1982

Literatura

- ČERMÁK, J. — DEML, M. — PENKA, M.: A new method of sap flow rate determination in trees. *Biologia Plantarum* 15, 1973, s. 171-178
- ČERMÁK, J. — KUČERA, J. — PENKA, M.: Improvement of the method of sap flow rate determination in adult trees based on heat balance with direct electric heating of xylem. *Biologia Plantarum* 18, 1976a, s. 105-110
- ČERMÁK, J. — PALÁT, M. — PENKA, M.: Transpiration flow rate in full-grown tree *Prunus avium* L. by heat balance method estimated in connection with some meteorological factors. *Biologia Plantarum* 18, 1976b, s. 111-118
- ČERMÁK, J.: Průběh transpiračního proudu u vzrostlých stromů z hlediska různých časových měřítek. In: *Proc. Celostát. dendrofyziol. sem.: Fotosyntéza a vodní provoz dřevin*, Modra-Piesky 1977, s. 47-54
- ČERMÁK, J. — KUČERA, J. — PRAX, A. — ŽÍDEK, V.: Tok vody v systému půda—rostlina—atmosféra na příkladu břízy v lesním porostu. In: *Proc. „Bilancia energie a vody v polných a lesných ekosystémech“*, VŠP Nitra 1979, s. 135-151
- ČERMÁK, J. — HUZULÁK, J. — PENKA, M.: Water potential and sap flow rate in adult trees with moist and dry soil as used for the assessment of root system depth. *Biologia Plantarum* 22, 1980, s. 34-41
- ČERMÁK, J. — ŮLEHLA, J. — KUČERA, J. — PENKA, M.: Sap flow rate and transpiration dynamics in the full-grown oak (*Quercus robur* L.) in floodplain forest exposed to seasonal floods as related to potential evapotranspiration and tree dimensions. *Biologia Plantarum* 24, 1982
- GALICKIJ, V. V.: O kolektivnom samougnětenii v odnorodnom rastitelnom soobščestve i kolebatilnych izmeněniach biomasy jevo členov. *Doklady AN-SSSR*, 246 (4), 1979, s. 1013-1016
- HUZULÁK, J. — ELIÁŠ, P.: The intensity of transpiration flow in the trunk of *Quercus cerris*. *Biologia* 31, 1976, s. 537-543
- HUZULÁK, J.: Vodný režim vybraných druhů lesních dřevin. Závěrečná zpráva Ústavu experiment. biol. a ekol. SAV (VI-2-1/14) 106 p. Bratislava 1979
- KOMAROV, A. S.: Markovskije polja i rastitelnyje soobščestva. In: „Vzaimodějstvujuščije processy i ich primeněnije v biologii“, AN-SSSR, Nauč. centr. biol. issled., vyčislit. centr. Puščino 1979, s. 6-24
- KRONTORÁD, K.: Water regime and ecologically important physical properties of semigley soils under the floodplain forest of south Moravia. Report No. 4 “Ecosystem study on floodplain forest in south Moravia”. Brno, 1974
- KUČERA, J. — ČERMÁK, J. — PENKA, M.: Improved thermal method of continual recording the transpiration flow rate dynamics. *Biologia Plantarum* 19, 1977, s. 413-420
- LADEFOGED, K.: Transpiration of forest trees in closed stands. *Physiologia Plantarum* 16, 1963, s. 378-414
- LINACRE, E. T.: A simple formula for estimating evaporation rates in various climates, using temperature data alone. *Agricultural Meteorology* 18, 1977, s. 409-424
- LOŽEK, V.: Příroda ve čtvrtohorách. Academia Praha, 1973
- MAKKINK, G. F. — van HEEMST, H. D. J.: Water economy of a fictive crop. *Agric. Res. Rep. Wageningen* 817, 1974, s. 38
- MORIKAWA, Y.: Seasonal variation and diurnal changes in transpiration of *Chaemecyparis obtusa* on clear days. *J. Japan For. Soc.* 53, 1971, s. 219
- MRÁZ, K.: Očekávané změny stanovištních poměrů jihomoravských lužních lesů vlivem budovaných vodohospodářských úprav. Zprávy lesnického výzkumu 19 (3), 1973, s. 2-9
- PALL, J.: Regionální ekologické podklady pro úpravu vodního režimu jižní Moravy. In: „Ekologické problémy vodního režimu zavlažovaných stanovišť v prostoru jihomoravské oblasti“ (J. Filip, J. Pall) Závěrečná zpráva AF VŠZ (VI-3-7/3), Brno 1980, s. 48

- PELÍŠEK, J.: Dynamika ekologických vlastností půdy v lužním lese jižní Moravy (Lednice). Sbor.: Funkce, produktivita a struktura ekosystému lužního lesa VŠZ Brno, 1975
- PENKA, M. — ČERMÁK, J. — DEML, M.: Water transport estimates in adult trees based on measurement of heat transfer by mass flow. Acta Univ. Agric. (Brno) Ser. C; 42, 1973, s. 3-23
- PENKA, M. — ŠTĚPÁNEK, V.: Intenzita fotosyntézy a vodního provozu rostlin (*Quercus robur* L.). Závěrečná zpráva LF VŠZ (VI-2-1/26), Brno, 1975
- PENKA, M. — ČERMÁK, J.: Denní a sezónní průběhy transpiračního proudu u břízy (*Betula alba* L.) a dubu (*Quercus sessilis* Ehrh.). In: Sborn. Struktura, funkce a produktivita modelových lesních ekosystémů. Informace o dílčích výsledcích VÚ 1976—77, ÚEL-LF VŠZ Brno, 1978
- PENKA, M. — ŠTĚPÁNEK, V.: Reakce rostlin na gradienty prostředí — Vodní provoz, část B: Byliny a menší keře. ZZ VI-2-2/6, LF-VŠZ Brno, 1978
- PENKA, M. — ČERMÁK, J. — ŠTĚPÁNEK, V. — PALÁT, M.: Diurnal courses of transpiration rate and transpiration flow rate as determined by the gravimetric and thermometric methods in a full-grown oak-tree (*Quercus robur* L.). Acta Univ. Agric. (Brno) Ser. C 48, 1979, s. 3-30
- PENMAN, H. L.: Vegetation and hydrology. Tech. Commun. No. 53, Commonwealth Bureau of Soils, Harpenden, 1963
- POLSTER, H.: Gesicherts und Ungesicherts über den Wasserhaushalt des Waldes. Forst und Jagd 256 (4), 1954, s. 302
- RUTTER, A. J.: Water consumption by forests. In: Kozlowski, T. T. (ed.): Water deficits and plant growth II, Acad. Press, N. York, 1968, s. 23-84
- ŠÁLY, R.: Pôda — základ lesnej produkcie. Príroda Bratislava, 1978
- STOCKER, O.: Die Abhängigkeit der Transpiration von den Umweltfaktoren. In: Ruhland, W. (ed.) Handbuch der Pflanzenphysiologie Vo. 3, 1956, Springer Verlag, Berlin-Göttingen-Heidelberg, s. 436-488
- SWANSON, R. H.: Seasonal course of transpiration of Lodgepole pine and Engelmann spruce. Internat. Symp. Forest Hydrology (419-33) USA, 1967
- ÚLEHLA, J.: Potential evapotranspiration in years 1952—1969 in Pohořelice. Rostlinná výroba 17, 1971, s. 191-200
- ÚLEHLA, J. — ČERMÁK, J.: Denní úhrny transpiračního toku v kmenech dospělých stromů a potenciální evapotranspirace. In: Proc. celostát. sem. Fotosyntéza a vodní provoz dřevin (55-62), Modra-Piesky, 1977
- VAŠÍČEK, F.: Keřová složka v ekosystému lužního lesa. ZZ LF-VŠZ (VI-2-1/3) Brno, 1975
- VAŠÍČEK, F.: Biomasa a struktura bylinné vrstvy ekosystému lužního lesa. ZZ LF-VŠZ (VI-2-1/6), Brno, 1975b
- VYSKOT, M.: Tree story biomass in lowland forest in South Moravia. Rozpravy ČSAV 86 (10), 1976, s. 170
- ŽÍDEK, V.: Studium energie slunečního záření a některých složek jeho transformačních procesů. Závěrečná zpráva LF-VŠZ, Brno, 1980

ПЕНКА, М. и колл. (Ústav ekologie lesa VŠZ, Brno). Потребность воды у дуба (*Quercus robur* L.) в аллювии реки Дые в нелимитирующих условиях влажности. Lesnictví, 29, 1983 (6): 481-496.

У взрослого экземпляра дуба в пойменном лесу изучали транспирацию (транспирационное течение, т.е. протекание воды в дереве) методом теплового баланса ствола с непосредственным электрическим обогревом в ходе вегетационного периода на протяжении трех лет. Установлены достоверные зависимости от метеорологических факторов. Характеристики протока соответствовали нелимитирующим условиям влажности в почве. Потребление воды у дуба за весь вегетационный период отдельных лет в пересчете на одно дерево с обхватом 1 м в зависимости от погоды составляло около 12—24 м³, а при пересчете на насаждение от 250 до 450 мм. Потребление воды на прирост биомассы составляло 200—400 м³. м⁻³. Приведены количественные данные, характеризующие приспособление размеров отдельных частей дерева и его водопотребления к исключительно хорошему снабжению грунтовой водой.

почвоведение лесное; экология лесная; дубовые насаждения; транспирация

PENKA, M. et al. (Ústav ekologie lesa VŠZ, Brno). *Water Consumption in Oak (Quercus robur L.) in the Alluvium of the Dyje River in Nonlimiting Moisture Conditions*. Lesnictví, 29, 1983 (6) : 481-496.

Transpiration (transpiration flow, and/or water flow in a tree) was studied in a mature oak tree in a riverine forest by the method of trunk heat balance with direct electric heating in the course of the vegetation period of three years. Significant relations with meteorological factors were found. Characteristics of the flow corresponded to nonlimiting moisture conditions in the soil. Water consumption of oak over the whole vegetation period of particular years made about 12–24 m³, in relation to weather and recalculated per tree of 1 m diameter, and/or 250 to 450 mm if recalculated per forest stand. Water consumption per biomass increment was 200–400 m³/m³. Quantitative data are given describing an adaptation of different parts of a tree and its water regime to the extraordinarily good supply a ground-water.

forest pedology; forest ecology; oak stands; transpiration

Adresa autorů:

Prof. RNDr. PhMr. Miroslav Penka, DrSc., Ing. Jan Čermák, CSc., Ing. Jiří Kučera, Ing. Alois Prax, Ing. Vladimír Židek, Ústav ekologie lesa VŠZ, 644 00 Brno - Soběšice

RNDr. Jiří Ůlehla, Výzkumný ústav základní agrotechniky, 664 62 Hrušovany u Brna

VLIV HOLOPASEČNÉHO ZPŮSOBU TĚŽBY DŘEVA NA PŮDNÍ VLASTNOSTI A KOLOBĚH ELEMENTŮ V EKOSYSTÉMU SMRKOVÉHO LESA

E. Klimo

KLIMO, E. (Lesnická fakulta Vysoké školy zemědělské, Brno). *Vliv holopasečného způsobu těžby dřeva na koloběh elementů v ekosystému smrkového lesa*. Lesnictví, 29, 1983 (6) : 497-512.

V rámci mezinárodního programu UNESCO Člověk a biosféra (MAB) na terénním projektu v uměle založeném smrkovém porostu v oblasti Drahanské vrchoviny jsou vedle jiných problémů studovány i ekologické důsledky holopasečného způsobu těžby dřeva. Byl stanoven objem elementů, který je odnímán z ekosystému těžbou nadzemní fytomasy stromů, účinek použitých mechanismů na změnu fyzikálních vlastností půdního povrchu, vývoj dekompozičních procesů povrchového humusu na pasece a vliv paseční bylinné vegetace na regeneraci fyzikálních vlastností půdy i na tvorbu nového koloběhu elementů.

pedologie lesnická; smrkové porosty; ekologie lesnická; holoseč

Ekologické důsledky holopasečného způsobu těžby dřeva vyvolávají diskusi stejně jako pěstování smrku v monokulturních porostech. Kritický přístup k této technologii vyvolal zejména způsob vytahování celých stromů z lesního porostu. Diskuse z hlediska ovlivnění lesního prostředí včetně koloběhu elementů se orientuje zejména na tyto otázky:

1. Zda holopasečný způsob, při kterém je použito těžkých mechanizačních prostředků, příliš nepříznivě neovlivňuje fyzikální vlastnosti půd.

2. Zda tím, že je z ekosystému odstraněna celá biomasa nadzemní části lesního porostu, není narušen koloběh živin a jejich celková bilance velkým jednorázovým výstupem elementů.

3. Zda odstraněním rostlinného příkrovu se výrazně nenaruší hydrologická funkce lesní krajiny a nevznikne tím nebezpečí eroze půdy a zvýšené vyluhování živin do podzemních vod.

4. Zda rychlou mineralizací velkého množství pokryvného humusu nenastane velký vstup N — NO₃ do podzemních vod.

K otázce první například Ivanov (1976) uvádí, že ulehlost půd vlivem používané mechanizace v lese se mění podle ročních období v závislosti na vlhkosti půdy. Prvním rokem po těžbě se na pasekách půda zhutňuje (snižuje se procento pórovitosti), s přibývajícím vegetací však nastává na pasekách ve 2. a dalších letech postupná regenerace půdy. Doba potřebná na regeneraci se uvádí 5—15 let podle půdního druhu. Ostatní otázky se týkají již problematiky půdních procesů a koloběhu. Např. Kreutzer a Reemtsma (1979) posuzují otázku výstupu živin z ekosystému těžbou celých stromů v souvislosti se zásobou přístupných živin v kořenové zóně dřevin. Považují použití této metody na určitých (převážně chudých) stanovištích za příčinu snížení produkčních podmínek. Uvádějí, že v určitých půdních podmínkách se mohou stát limitujícím faktorem tyto živiny: N, P, Mg, Ca pro chudé půdy na glaciálních a navátých pískách, pískovcích a na některých žu-

lách, popř. metamorfovaných horninách; K pro chudé písky; P a K pro kamenité rendziny na vápencích a rašelinových půdách; P pro pseudo-
glejové půdy.

Autoři dále uvádějí, že po holopasečném způsobu těžby dodání živin do půd chudých na humus a s nízkou sorpční kapacitou nemůže řešit problém, protože živiny budou více vyluhovány. Z tohoto pohledu považují pouze 30 % lesních oblastí Bavorska za způsobilé pro použití technologie těžby celých stromů holopasečným způsobem.

Prvotním faktorem, který podmiňuje zvýšený pohyb, popř. odnos živin na pasekách, je změna koloběhu vody a změna v teplotním režimu půdy. Touto otázkou se zabývali např. Troedson a Utbult (1974) s tímto závěrem: Povrchový odtok obecně stoupá po holé seči. Dospělý porost půdu odvodňuje, a proto vzniká přebytek vody v půdě na pasece. Tento přebytek musí být odveden, chceme-li mít úspěch při obnově lesa. Zde poukazují Troedson a Utbult (1974) na nebezpečí, že při vybudování otevřeného odvodňovacího systému, který působí dlouhou dobu (i během růstu příštího porostu), může vzniknout nedostatek vody pro produkční procesy porostu, protože ten není schopen sám regulovat uměle upravený vodní režim. Otázkou změny vodního režimu na pasekách se zabývá i Likens a Borman (1974), kteří uvádějí, že roční odtok vody na pasece byl vyšší v průměru o 30 %. Většinou se zvýšeným odtokem vody mění i její kvalita, a to zejména zvýšením obsahu půdních suspenzí. Jak ukazují zkušenosti, zvýšení obsahu půdních částí v odtokové vodě je iniciováno zejména stavbou pří-
bližovacích cest.

Samozřejmě, že z hlediska koloběhu živin nás nejvíce zajímají procesy výnosu živin z půdy, Likens a Borman (1974) uvádějí, že koncentrace živin stoupá výrazně pět měsíců po těžbě u všech hlavních iontů, zejména NH_4 a SO_4 . Koncentrace ostatních rozpustných látek dosáhla vrcholu během druhého roku. Ztráty $\text{NO}_3 - \text{N}$ činily 340 kg z ha během tří let po těžbě.

Autoři dále uvádějí, že průměrný čistý výnos všech rozpustných anorganických elementů během tříletého období stoupl desetinásobně oproti dlouholetému průměru z neporušeného ekosystému. Zvýšený pohyb draslíku je podmíněn kromě zvýšené vymývací schopnosti vody i zvýšeným výskytem klestu po těžbě, ze kterého je rovněž vymýván. Obdobný názor uvádí i Wiklander (1974) ze studií v podmínkách jehličnatých lesů Švédska. Konstatoval mírný vzestup dusíku a draslíku ve vodách malých potůčků. V pramenech bylo zaznamenáno zvýšení obsahu vápníku, hořčíku a zvláště nitrátů. Průměrná koncentrace $\text{NO}_3 - \text{N}$ byla Wiklanderem (1974) zaznamenána v podzemní vodě 15 1–6letých pasek (1,3 mg/l), přitom odpovídající koncentrace v lesních územích byla 0,3 mg/l. Odnos dusíku z paseky byl o 3–5 kg větší na ha za rok ve srovnání s nenarušenou krajinou. Nejvyšší koncentraci dusičnanů způsobenou holou sečí zaznamenal Wiklander, a to 6,3 mg/l.

Holopasečný způsob těžby dřeva tím, že otvírá půdní povrch pro přímý vstup světla a vlhkosti, zvyšuje zejména dekompoziční procesy. Je znám názor, podle kterého povrchový humus během prvního roku rozkladu zvyšuje obsah N vzestupem počtu bakterií fixujících dusík. Vyšší obsah N může mít za následek dočasnou imobilizaci fosforu

a draslíku v mikrobiální hmotě. Po odumření těchto organismů draslík a fosfor a dodatečně fixovaný dusík jsou disponibilní pro vyluhování. Zvýšený výnos nitrátů uvádí i Hornbeck a Kropelin (1979) zejména v tocích, kde jejich koncentrace stoupla z 1,0 mg/l až na 95 mg/l (v listnatých lesích). Shodně s Likensem a Bormanem (1974) i Martin a Pierce (1979) pozorovali průměrně desetinásobné zvýšení nitrátů v tocích v holosečném povodí ve druhém roce po těžbě oproti povodí kontrolnímu. Haines a Waide (1979) poukazují na metodické obtíže měření koncentrace živin před a po těžbě, protože se podstatně mění hydrologické a teplotní poměry, což může mít značný vliv na koncentraci živin v tocích.

Významným faktorem, který může podstatně ovlivnit půdní procesy a zejména migraci nitrátů v půdním profilu po holosečném zásahu v lese, je nástup pasečné vegetace. Např. Boring, Monk a Swank (1979) uvádějí, že v podmínkách listnatých lesů Apalačského pohoří byla v prvním roce po těžbě čistá produkce vegetace na pasece 1791 kg/ha, což činilo 20 % oproti kontrolní ploše. Tyto rostliny se vyznačovaly zejména zvýšenou koncentrací dusíku a draslíku. To znamená, že tento proces minimalizuje hydrologické ztráty živin a je iniciálním stádiem jejich nového koloběhu. Otázkou ztrát živin vyluhováním z půdního profilu se zabývá kromě výše uvedených autorů řada dalších, např. Jurgensen, Larsen, Harvey (1979), kteří projednávají zejména otázky půdní biologie ve vztahu k těžbě, a Stark (1979), který přináší řadu informací o ztrátách živin ve vztahu k těžebnímu technologiím v modřínových a douglaskových porostech. Uvádí, že ztráty živin kompletním využíváním dřeva z lesních ekosystémů nemusí způsobit velkou škodu na bohatých půdách, avšak na mladých, chudých nebo slabě vyvinutých půdách může odnos živin podmíněný těžbou vyvolat dočasný živinový šok nebo dlouhotrvající deficit živin.

Významné informace o problému vlivu těžebních technologií na půdy a koloběh živin v lese přináší i monografie Seménové (1975). Z našich podmínek přináší dílčí informace o vlivu holosečného způsobu těžby dřeva na půdní procesy Lochman (1980). Rovněž vychází z téze, že radikální změna mikroklimatu holé seče, jež ovlivnila zintenzívnění půdně biologické činnosti a přerušování odčerpávání mineralizovaných produktů rozkladu, způsobuje vzestup koncentrací rozpuštěných látek a některých biogenních prvků v půdním roztoku. Lochman (1980) uvádí podstatné zvýšení obsahu uhlíku v 1. roce po těžbě (225 mg/l pod horizontem A₀ oproti 86 mg pod porostem). Samozřejmě, jak jsem uvedl již výše, koncentrace elementů v půdním roztoku na pasece může být i nižší než pod porostem, ale vzhledem k významně zvýšené perkolaci jako následku anulování intercepce porostu, může být absolutní odnos elementů na pasece vyšší. To potvrzují i výsledky Lochmana (1980) z projektu programu MAB Želivka.

I když na základě dosavadních informací získaných zejména v posledních 10 až 15 letech lze soudit na některé obecně platné ekologické důsledky holopasečného hospodářství, lze souhlasit se závěrem, který v tomto směru učinil Carlisle a Methven (1979), že těžba dřeva holopasečným způsobem při dlouhé době obmýtní může, ale nemusí být příčinou deficitu živin. To bude záviset na konkrétním lesním ekosystému, zejména na jeho rozpětí stability v tomto směru.

CHARAKTERISTIKA VÝZKUMNÉHO OBJEKTU

Výzkumná stanice se nachází na Lesním závodě Rájec nad Svitavou v geografickém celku Dražanské vrchoviny. Nadmořská výška 620 až 640 m. Průměrná roční teplota 6,6 °C, průměrný roční úhrn srážek 683 mm. Na studovaném území jsou hnědé lesní půdy vytvořené na zvětralíně granodioritu. Výrazná je šterkovitost půdního povrchu, místy se vyskytují balvany granodioritu vystupující nad půdní povrch. Detailní popis zkoumané plochy je uveden v publikaci o struktuře a chemismu opadu ve smrkovém porostu studovaného území (Klím o 1981).

METODIKA PRÁCE

Paseka byla založena jako paralelní plocha k analyzovanému smrkovému porostu v roce 1977.

Fyzikální půdní vlastnosti byly stanoveny pomocí Kopeckého fyzikálního válečku.

Heterogenita povrchového humusu na pasece byla stanovena rozbořem 29 ploch velikosti 25 X 25 cm, rozložených v průřezovém pásu přes paseku. Rychlost rozložení povrchového humusu byla stanovena postupným odběrem organické hmoty z plošek 25 X 25 cm s trojnásobným opakováním na modelové ploše 2 X 2 m, která byla uměle založena na pasece jako plocha povrchového humusu paralelní k poměrům ve smrkovém porostu. Lyzimetrické vody byly zachycovány pomocí lyzimetrů typu Šilovové (1955).

Chemická analýza lyzimetrických vod byla konána pomocí těchto metod: Celkový uhlík metodou Tjurina; Ca, Mg atomovou absorpcí na přístroji Varian Techtron AA-6; K na plamenném fotometru Flapho 4; P modifikovanou metodou Madera a kol. (stanovení z předem mineralizovaného vzorku kolorimetricky pomocí molybdenové reagenty a chloridu cínatého); NO₃ modifikací metody Madera a kol. (kolorimetricky salicylanem sodným, květa 1 cm, vlnová délka 410); SO₄ komplexo-
metricky a gravimetricky.

Stanovení elementů v rostlinném materiálu: sušina analytická vysoušením rozemletého vzorku v množství 2 až 3 g 4 hodiny při 105 °C. N po mineralizaci H₂SO₄ s použitím směsného katalyzátoru (selén + síran měďnatý + síran draselný) Kjeldahlovou destilací metodou modifikovanou Winklerem (uvolněný amoniak je jímán do roztoku kyseliny borité). P stanovení z mineralizátu kolorimetricky proměřením modrého zbarvení vzniklého redukcí kyseliny fosfomolybdenové chloridem cínatým. Si stanovení vázkově jako SiO₂ (v tabulkách přepočten na čistý Si). S stanovena vázkově jako síran barnatý a ten přepočítán na čistotu S. K, Na, Ca, Mg, Mn, Fe, Zn, Cu stanoveny ve vzorku mineralizovaném mokřím způsobem kyselinou dusičnou a chloridem na atomovém absorpčním spektrofotometru Varian Techtron Model 1000 za podmínek stanovených pro jednotlivé prvky výrobcem přístroje s použitím acetylen-vzduchového plamene. Vyhodnocení bylo provedeno z kalibračních křivek, jejichž optimální průběh byl vybrán na základě statistického zpracování regresních vztahů.

VÝSLEDKY

Holopasečný způsob těžby dřeva modifikovaný technologií vytahování celé nadzemní biomasy dřevin z porostů nebo technologií využití totální biomasy lesního porostu na průmyslové zpracování vyvolává obavy z ekologických důsledků těchto metod z hlediska zabezpečení trvalé produkční úrovně určitého stanoviště. Vzhledem k tomu, že zákon České národní rady o hospodaření v lesích a státní správě lesního hospodaření č. 96/1977 Sb. dovoluje při těžbě úmyslně holou seč do velikosti 3 ha a v lesních porostech zdravotně poškozených, na písčitých půdách borových oblastí a při převodech a přeměnách lesních porostů až do velikosti 5 ha, založili jsme v roce 1977 na Lesním závodě Rájec — Jestřebí ekologický experiment s holou sečí ve smrkovém po-

rostu s použitím technologie vytahování kompletní biomasy nadzemní části porostu mimo les.

V počátečním stadiu experimentu jsme se zaměřili na sledování těchto otázek: stanovení množství živin odebraných těžbou; destrukce půdního povrchu, zejména povrchového humusu, a rychlost jeho rozkladu; změna fyzikálních vlastností půdy a vývoj jejich regenerace; charakteristika půdního roztoku a ovlivnění koloběhu elementů nástupem bylinné vegetace na pasece.

MNOŽSTVÍ ŽIVIN ODEBÍRANÝCH TĚŽBOU PŘI VYTAHOVÁNÍ CELÝCH STROMŮ

Pro kalkulaci výstupu živin z ekosystému lesa nám posloužily údaje o zásobě elementů ve studovaném porostu. Výstup živin těžbou činil: N — 413, P — 75, K — 370, Ca — 789, Mg — 95, S — 176, Fe — 115, Al — 11, Si — 409, Cu — 1,8, Zn — 8,8, Pb — 3,5, Mo — 3,8, B — 1,9, Mn — 219,7 kg na ha. Celkový výstup elementů je však ještě vyšší o výchovné seče. Marion (1975) udává možnost kalkulace odběru 30–47 % z hodnoty celkové biomasy výchovnými sečemi. Vzhledem k tomu, že koncentrace jednotlivých elementů kolísá u porostu v závislosti na jeho věku, je i kalkulace odběru živin z výchovných zásahů značně obtížná. Renie (1955) in Marion (1979) předpokládá, že výchovnými zásahy je odstraněno 17–35 % z celkové hodnoty Ca, K a P při 50leté době obmýtní, při době obmýtní přes 100 let se tato hodnota zvedá na 32–44 %. To znamená, že kdybychom brali v úvahu hodnotu průměrnou — 38 %, tak výnos hlavních bioelementů během celého vývoje porostu by byl 103 kg fosforu, 510 kg draslíku, 1088 kg vápníku a 570 kg dusíku na ha.

DESTRUKCE PŮDNÍHO PROFILU (ZEJMÉNA POVRCHOVÉHO HUMUSU) PŘI HOLOSEČNÉM ZPŮSOBU TĚŽBY DŘEVA

Zásoba povrchového humusu činila v zapojeném porostu před těžbou cca 50 t na ha a byla relativně homogenní. Těžba byla prováděna stromovou metodou, kácení motorovou pilou a vytahování celých stromů kolovým traktorem k odvětvovacímu stroji. Těžbou a vyklizováním došlo k destrukci přirozeného vrstvení povrchového humusu: na hlavní přibližovací linii byl skoro veškerý povrchový humus smeten a byl obnažen minerální povrch půdy; na většině plochy byl promíchán zejména opad s drtí; vytahováním kmenů i s korunami byl na části povrchu povrchový humus nahrnut zejména k pařezům a jejich kořenovým náběhům; při následném zalesňování rýhovacím sázecím strojem došlo ke smíchání povrchového humusu s minerální zemínou.

V dubnu až červnu 1978 byla stanovena hmotnost povrchového humusu jednak podle stupně převrstvení jednotlivých vrstev, jednak průřezovým pásem přes celou plochu paseky kolmo na přibližovací linii v konstantních vzdálenostech.

Odběr podle stupně převrstvení vrstev povrchového humusu byl uskutečněn na plochách tří skupin: I. — smícháno L + F (H bez porušení), II. — smícháno L + F + H, III. obnažena minerální zemina.

Průměrná hmotnost povrchového humusu v jednotlivých skupinách

ploch na pasece byla stanovena takto: I. — 72 870 kg/ha, II. — 83 090 kg/ha, III. 1280 kg/ha.

Odběrem vzorků v průřezovém pásu napříč celou pasekou byla konstatována rovněž vysoká variabilnost množství povrchového humusu. Průměrná hmotnost byla stanovena 72 840 kg/ha. Při posouzení údajů o rozložení povrchového humusu na ploše holé seče lze konstatovat značné porušení relativně homogenně rozloženého povrchového humusu v porostu před těžbou a zvýšení celkového množství povrchového humusu na ploše (72 840 kg/ha oproti cca 50 000 kg/ha). Tento rozdíl je vysvětlitelný těžebními a přibližovacími postupy: při dopadu korun kácených stromů padá jehličí, suché větévky, ulamují se letorosty i větve a zůstávají na ploše, při přibližování celých stromů dochází k ulamování částí korun.

Kromě destrukčních procesů povrchového humusu vlivem těžebních a vyklizovacích operací jsme věnovali pozornost rychlosti rozkladu organických zbytků na ploše paseky vlivem změněných bioklimatických faktorů. Vzhledem k tomu, že povrchový humus vykazoval velkou variabilnost hmotnosti ($v_x = 49\%$), založili jsme modelovou plochu se stejnou hmotností všech vrstev (L, F, H) povrchového humusu jako v porostu a na té jsme sledovali úbytek hmotnosti. Podle získaných údajů můžeme usuzovat na podstatné zrychlení rozkladu zejména vrstvy L až ve druhém roce po vzniku holé seče a dále, že tento proces rozkladu je významně nižší u vrstvy F a u vrstvy H dochází dokonce k částečnému obohacování jako výsledku dekompozičních procesů ve vrstvách L a F (tabulka II).

ZMĚNY FYZIKÁLNÍCH VLASTNOSTÍ PŮDY A VÝVOJ JEJICH REGENERACE

Tato otázka nebyla cílem práce, byla jí však věnována pozornost, protože může nepřímo ovlivnit i koloběh živin, a to zejména snížením propustnosti půdního profilu pro vodu a ovlivněním rostlinných druhů, které se na místech s výraznou změnou fyzikálních vlastností půdy vyskytují.

Souhrnné výsledky jsou uvedeny v tabulce I. Na základě těchto výsledků můžeme usuzovat na změny, k nimž došlo ihned po těžbě, a na určitou regeneraci půdních fyzikálních vlastností. Ihned se výrazně

I. Vývoj fyzikálních vlastností půdy po těžbě dřeva holopasečným způsobem. — The pattern of soil physical properties after clearcut logging

Fyzikální vlastnosti	Místo odběru vzorků	Doba odběru				
		červen 1976 před těžbou	červen 1977 ihned po těžbě	červen 1979	květen 1981	listopad 1981 pod drnem bylin
Objemová hmotnost	na přibliž. lince	1,27	1,79	1,68	1,72	1,50
	na ostatní ploše	1,27	1,57	1,51	1,45	1,43
Pórovitost	na přibliž. lince	52,15	32,19	35,36	35,14	43,90
	na ostatní ploše	52,15	40,65	41,69	45,70	46,80

II. Změna hmotností vrstev povrchového humusu na ploše po holé seči ($\text{kg} \cdot \text{ha}^{-1}$).
 — Change in the mass of surface humus layers on the area with clearcut ($\text{kg} \cdot \text{ha}^{-1}$)

Vrstva		Termín odběru		
		květen 1979	květen 1980	září 1981
L	kg	7 800	7 300	2 800
	%	100	94	36
F	kg	19 700	15 100	14 700
	%	100	77	75
H	kg	21 700	22 600	22 100
	%	—	—	—
Suma L, F, H	kg	49 200	45 000	39 600
	%	100	91	80

zvýšila objemová hmotnost půdní povrchové vrstvy na přibližovací lince z hodnoty 1,27 na 1,79 a na ostatní ploše z 1,27 na 1,57. Tato změna souvisí s výše popisovanou destrukcí a odnosem povrchového humusu při těžbě. K pozitivnímu vývoji této veličiny dochází postupně zejména vlivem nástupu pasečné vegetace a rozvojem jejího kořenového systému. Tak např. po 4 letech se snižuje na přibližovací lince objemová hmotnost z 1,79 na 1,72, což sice není změna výrazně významná, ale na místech s výskytem zástupců rodů *Juncus* a *Carex* se tato hodnota snižuje až na 1,50. Na ostatní ploše není u této změny po 4 letech tak výrazný rozdíl mezi plochami s drnem bylin. Mimo tyto plochy dosahuje objemová hmotnost hodnot 1,43 a 1,45. Je tedy předpoklad, že během 8–10 let může mít objemová hmotnost původní hodnotu.

Rovněž nás zajímal vývoj pórovitosti, jež se rovněž výrazně snížila zejména na přibližovací lince z 52,15 % na 32,19 %. Její regenerace na většině povrchu přibližovací linky probíhala jenom pozvolna (z 32 % v roce 1977 na 35 % v roce 1981); pouze na povrchu ovlivněném drnem bylin se tato hodnota zvýšila výrazně (na 44 %). Na ostatním povrchu mimo přibližovací linku regenerace pórovitosti probíhá rychleji. I zde je ovšem patrný vliv zadrnovatění půdního povrchu bylinnou vegetací. Obdobný vliv byl zaznamenán i u minimálního provzdušnění.

Můžeme tedy konstatovat, že vlivem působení mechanizačních prostředků byl výrazně ovlivněn horizont A z hlediska fyzikálních vlastností. Toto ovlivnění bylo zvláště výrazné na přibližovací lince. Po čtyřech letech nastala určitá regenerace, i když zhoršené fyzikální vlastnosti ještě trvají i po 4 letech po těžbě.

VLIV HOLOPASEČNÉ TECHNOLOGIE TĚŽBY DŘEVA NA MIGRACI ELEMENTŮ V PŮDNÍM PROFILU

Holopasečnou technologií vytahování celých stromů z těžební plochy vzniká značná heterogenita vlastností půdních povrchových vrstev,

III. pH a koncentrace elementů v lyzimetrických vodách pod povrchovým humusem ve smrkovém porostu ($\text{mg} \cdot \text{l}^{-1}$). — pH and concentration of elements in lysimetric waters under surface humus in a spruce forest ($\text{mg} \cdot \text{l}^{-1}$)

Mě- síc	pH			C			Ca			NO ₃		
	1978	1979	1980	1978	1979	1980	1978	1979	1980	1978	1979	1980
1.	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
2.	—	—	6,1	—	—	—	—	—	—	—	—	—
3.	—	6,4	6,3	—	23,7	38,0	—	15,9	13,4	—	3,1	1,3
4.	—	3,8	4,3	—	39,2	13,1	—	52,6	11,2	—	2,6	0,9
5.	—	—	4,0	—	21,2	26,6	—	50,3	14,3	—	9,7	3,5
6.	4,3	3,5	3,9	41,3	37,3	43,2	17,1	8,9	7,1	1,3	6,1	1,8
7.	5,0	4,6	3,9	53,0	48,6	52,5	11,4	12,1	6,4	0,9	5,2	1,8
8.	4,6	4,0	4,2	71,4	59,5	59,3	24,3	8,4	8,8	12,8	7,9	8,0
9.	4,6	3,9	4,3	45,2	31,8	71,9	41,3	11,1	2,19	9,9	4,7	—
10.	4,2	4,2	3,8	20,0	44,6	61,1	36,7	21,5	7,8	11,5	2,8	3,1
11.	5,5	3,9	3,6	57,6	40,9	29,1	—	13,5	8,9	—	7,9	3,1
12.	4,6	4,0	4,1	39,9	27,5	35,2	50,2	12,7	7,7	3,8	1,1	9,3

čímž je značně ztíženo studium zejména migrace elementů v půdním profilu. Literární údaje se zabývají převážně chemismem vod vytékajících z modelového povodí ve vodních tocích. Jako modelový příklad jsou uváděny zejména výsledky z povodí Hubbard Brook (Likens a kol. 1970), kde byl zjištěn odnos elementů během 3 let po holosečném způsobu těžby (následná vegetace byla ničena herbicidy): Ca — 206 kg, K — 86 kg, Mg — 46 kg, NO₃ — N — 340 kg na ha. Naproti tomu při studiu migrace elementů v půdním profilu pomocí analýzy lyzimetrických vod Gessel a Cole (1965) zjistili, že během 1. roku po holé seči bylo v písčité půdě pouze o 0,5 kg více dusíku, 0,1 kg draslíku a 4,7 kg vápníku vyluhováno mimo kořenovou zónu. Pritchett (1979) shrnuje, že lze kalkulovat se vzestupem koncentrace nitrátového dusíku v podzemní vodě po holé seči v průměru o 1 ppm a ztrátou dusíku během 1 až 6 let po holé seči o 3—5 kg na ha za rok.

Při studiu vlivu holopasečného způsobu těžby dřeva na koloběh elementů jsme se rovněž zabývali kvalitou vody perkolující půdním profilem. I když na základě doposud získaných informací nelze činit ještě konečné závěry, je možno posoudit tuto otázku z některých pohledů. Např. můžeme konstatovat, že pH lyzimetrických vod zachycených pod povrchovým humusem na pasece bylo v prvních dvou letech nižší ve srovnání s vodou pod neporušeným porostem. Ve třetím roce po těžbě je pH lyzimetrických vod na pasece a pod porostem celkem vyrovnáno nebo spíše vyšší ve vodách zachycených pod povrchovým humusem na pasece. Snížení pH perkolující vody z povrchového humusu na pasece zřejmě souvisí s nástupem mineralizace organické hmoty a vysokou produkcí CO₂, což podmiňuje i dočasné okyselení půdního roztoku. Koncentrace uhlíku v lyzimetrických vodách pod povrchovým humusem na pasece v průběhu 3 let po holé seči je nižší než ve vodách

IV. pH a koncentrace elementů v lyzimetrických vodách pod povrchovým humusem na pasece ($\text{mg} \cdot \text{l}^{-1}$). — pH and concentration of elements in lysimetric waters under surface humus in the clearing ($\text{mg} \cdot \text{l}^{-1}$)

Mě- síc	pH			C			Ca			NO ₃		
	1978	1979	1980	1978	1979	1980	1978	1979	1980	1978	1979	1980
1.	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
2.	—	—	4,8	—	—	10,4	—	—	5,6	—	—	2,6
3.	—	5,5	4,8	—	4,2	6,6	—	4,3	5,8	—	1,3	2,2
4.	—	4,3	4,5	—	17,4	36,6	—	25,7	2,3	—	1,0	1,8
5.	—	3,6	3,9	—	49,8	23,1	—	37,7	3,0	—	—	1,8
6.	4,5	3,4	3,9	36,0	19,9	18,5	33,3	4,1	3,7	1,1	2,8	4,9
7.	4,3	3,5	4,1	32,4	18,2	50,8	11,4	5,1	4,9	0,1	3,3	0,9
8.	3,8	3,8	4,4	49,2	21,7	25,8	—	2,7	0,4	7,4	2,9	4,0
9.	3,6	3,9	4,3	50,4	19,6	49,9	37,2	2,2	5,7	9,2	0,8	3,1
10.	4,1	3,9	3,8	36,0	23,5	60,0	34,3	5,0	3,5	11,3	0,4	1,3
11.	—	3,6	4,1	—	32,2	32,4	—	3,8	1,6	—	1,7	2,2
12.	4,5	3,7	4,4	25,2	19,1	37,3	20,9	1,8	1,9	1,4	1,6	1,3

v porostu. Stejná tendence se projevila u koncentrace vápníku a nitrátového dusíku. Tento jev lze vysvětlit výrazně odlišnými hydrologickými poměry na pasece. Odstraněním zápoje korun vstupuje na půdní povrch, a tím i prosakuje vrstvou povrchového humusu větší množství vody než pod porostem a koncentrace elementů zředěním půdního roztoku vyššími srážkami se snižuje. Rovněž můžeme pozorovat významné snížení průměrné roční koncentrace vápníku a nitrátového dusíku během 3 let po těžbě. Tato skutečnost může souviset jednak s vyplavením např. vápníku nahromaděného v povrchovém humusu zejména v 1. roce po těžbě, jednak s odstraněním dalšího vstupu elementů ze zápoje korun.

Celkový absolutní výstup uhlíku a některých elementů je znázorněn v tabulce V. Podle těchto údajů můžeme pozorovat i 3. rok po těžbě zvýšenou migraci organických látek proti porostu. U ostatních elementů tyto rozdíly mezi porostem a pasekou nejsou tak významné. Podle kalkulace např. posun vápníku z povrchového humusu na pasece činil 92 kg na ha za rok v roce 1978 (1. rok po těžbě) a 46 kg ve 2. roce po těžbě, kdežto ve 3. roce dosáhl hodnoty 16 kg. Obdobný trend se projevil u dalších elementů. Podotýkám ovšem, že studium této problematiky vyžaduje delší opakované měření, aby se mohlo dojít k obecně platným závěrům.

FUNKCE BYLINNÉ VEGETACE V KOLOBĚHU ELEMENTŮ NA PASECE

Jak bylo uvedeno výše, k největším ztrátám jednotlivých elementů dochází během 1. a 2. roku po těžbě z paseky. Tomuto procesu se staví do cesty postupný nárůst bylinné vegetace, která má pak dominantní význam v nově vytvářeném koloběhu elementů mezi atmosférou, rostlinným příkrovem a půdou.

V. Množství elementů v lyzimetrické vodě pod povrchovým humusem pod porostem (A) a na pasece (B) v kg . ha⁻¹ (rok 1980).
 — The content of elements in lysimetric water under surface humus (A) and in the clearing (B), kg . ha⁻¹ (the year 1980)

Měsíc	C		Ca		Mg		K		P		N-NO ₃		S-SO ₄	
	A	B	A	B	A	B	A	B	A	B	A	B	A	B
1.	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
2.	—	0,9	—	0,6	—	0,03	—	0,1	—	0,03	—	0,08	—	0,98
3.	4,1	4,1	1,4	4,2	0,0	0,2	0,5	1,0	0,09	0,4	0,03	0,3	0,83	1,3
4.	3,8	22,2	3,3	1,9	0,5	0,2	1,5	0,5	0,01	0,01	0,03	0,2	4,3	1,98
5.	0,3	10,3	3,4	1,2	0,8	0,1	0,5	0,2	0,03	0,007	0,2	0,2	5,7	1,6
6.	21,1	13,1	3,8	1,5	0,2	0,2	1,5	1,0	0,4	0,4	0,2	1,4	2,5	0,9
7.	29,2	36,5	3,3	2,9	0,3	0,1	0,8	0,3	0,3	0,3	0,2	0,2	1,8	0,6
8.	7,2	3,8	1,1	0,05	0,1	0,05	0,2	0,3	0,1	0,07	0,2	0,05	2,2	0,77
9.	4,3	4,5	1,2	0,7	0,1	0,04	1,2	0,7	0,02	0,08	0,3	0,06	0,8	0,45
10.	15,8	29,1	2,0	2,0	0,1	0,04	0,5	1,3	0,06	0,3	0,2	0,1	5,2	2,7
11.	3,5	4,8	1,0	0,2	0,1	0,03	0,4	2,4	0,08	0,02	0,1	0,03	2,8	0,6
12.	1,7	17,6	0,4	1,2	0,03	0,02	0,06	0,2	0,0	0,2	0,1	0,1	1,3	1,5
Rok	91,0	147	20,9	16,4	2,2	1,0	7,2	8,0	1,1	1,8	1,6	2,7	27,4	13,4

VI. Koncentrace elementů v bylinné vegetaci na pasece v ekosystému smrkového lesa. — Concentration of elements in the herbaceous vegetation in the clearing in the ecosystem of the spruce forest

Druh	Část	Popel	N	P	K	Na	Ca	Mg	S	Mn	Fe	Zn	Cu.10 ⁻²
<i>Agrostis stolonifera</i>	nadzemní	6,83	1,23	0,22	1,88	0,01	0,04	0,10	0,11	0,16	0,03	0,01	0,05
	podzemní	13,90	0,59	0,15	0,72	0,04	0,07	0,10	0,12	0,13	0,33	0,01	0,22
<i>Carex leporina</i>	nadzemní	8,72	4,13	0,33	2,60	0,01	0,30	0,22	0,28	0,29	0,03	0,01	0,05
	podzemní	6,31	2,34	0,31	1,62	0,01	0,23	0,20	0,12	0,19	0,04	0,02	0,07
<i>Carex pallescens</i>	nadzemní	6,78	1,60	0,15	1,40	0,01	0,05	0,12	0,12	0,19	0,07	0,01	0,10
	podzemní	11,38	0,70	0,11	0,76	0,04	0,10	0,24	0,13	0,16	0,27	0,01	0,15
<i>Carex pilulifera</i>	nadzemní	6,79	2,17	0,19	2,06	0,01	0,05	0,11	0,11	0,12	0,04	0,01	0,08
	podzemní	4,94	1,04	0,10	0,35	0,05	0,09	0,09	0,09	0,02	0,09	0,01	0,12
<i>Calamagrostis epigeios</i>	nadzemní	6,89	1,49	0,16	1,18	0,002	0,05	0,08	0,14	0,14	0,03	0,004	0,08
	podzemní	9,36	1,19	0,15	0,78	0,02	0,04	0,08	0,11	0,14	0,12	0,04	0,16
<i>Chamaenerion angustifolium</i>	nadzemní	7,08	3,45	0,48	2,32	0,002	0,47	0,42	0,16	0,15	0,02	0,01	0,11
	podzemní	6,20	1,24	0,26	2,00	0,02	0,45	0,21	0,07	0,03	0,02	0,01	0,09
<i>Juncus conglomeratus</i>	nadzemní	3,53	0,77	0,12	1,33	0,02	0,09	0,09	0,13	0,17	0,02	0,01	0,12
	podzemní	13,33	0,81	0,12	0,96	0,06	0,04	0,11	0,14	0,04	0,30	0,01	0,10
<i>Rubus idaeus</i>	nadzemní	3,81	2,03	0,14	1,05	0,00	0,42	0,19	0,04	0,27	0,02	0,01	0,07
	podzemní	2,37	1,10	0,14	0,41	0,00	0,18	0,10	0,001	0,11	0,02	0,01	0,06
<i>Veronica officinalis</i>	nadzemní	6,28	0,89	0,16	0,87	0,02	0,45	0,12	0,09	0,12	0,05	0,03	0,10
	podzemní	9,49	0,97	0,15	0,91	0,05	0,33	0,20	0,10	0,08	0,18	0,03	0,09
<i>Sambucus racemosa</i>	nadzemní	6,24	1,05	0,15	2,04	0,003	0,63	0,12	0,04	0,22	0,02	0,01	0,06
	podzemní	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
<i>Salix caprea</i>	nadzemní	4,51	1,23	0,18	1,06	0,002	0,54	0,17	0,05	0,17	0,01	0,04	0,09
	podzemní	3,91	0,77	0,13	0,86	0,01	0,25	0,08	0,05	0,07	0,03	0,01	0,07

VII. Vývoj zásoby prvků ve fytomase bylin na pasece po těžbě smrkového porostu.
— Development of the reserve of elements in herbaceous phytomass in the clearing after logging the spruce trees

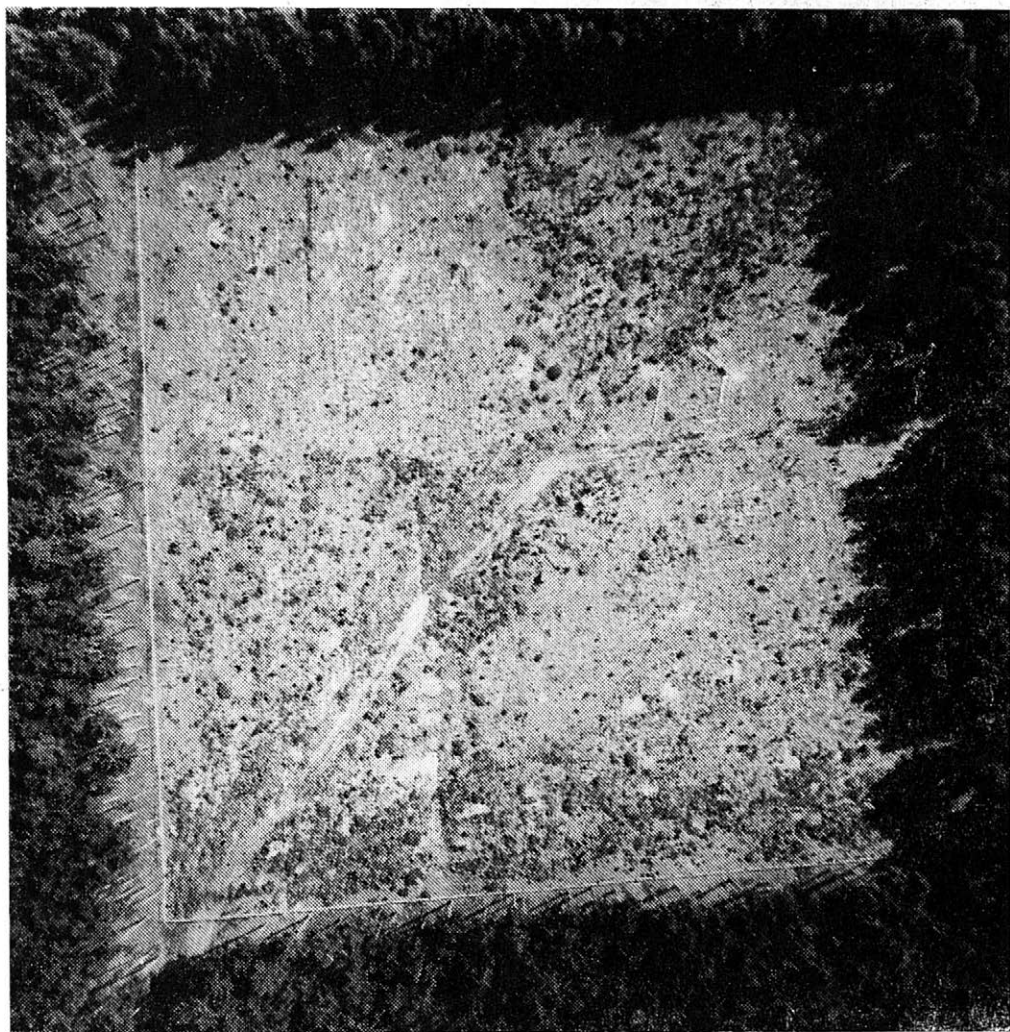
Období	Prvek (kg·ha ⁻¹)										
	N	P	K	Na	Ca	Mg	S	Mn	Fe	Zn	Cu
1977	0,2	0,02	0,03	—	0,1	0,02	0,02	—	0,03	—	—
1979	6,6	0,8	6,8	0,1	0,8	0,7	0,5	0,7	0,4	0,02	0,2
1980	226,3	28,5	180,8	1,3	31,6	24,6	13,3	17,5	6,4	0,9	11,8

1977 rok provedení těžby

V roce 1977, kdy byla provedena holá seč, byl stav bylinné vegetace ve studovaném porostu velice nízký, a tím byla v této složce ekosystému akumulována i nízká zásoba živin. V celkové bilanci koloběhu elementů jde o hodnoty zcela zanedbatelné (tabulka VII). V 1. roce po těžbě (1978) nebyla konána analýza bylinné vegetace na pasece, protože se objevovala pouze sporadicky na místech, kde došlo ke stlačení půdy mechanizačními prostředky (*Juncus conglomeratus*). Podrobná analýza byla provedena ve 2. a 3. roce po těžbě (Vašíček, osobní sdělení) a na základě toho byla stanovena i zásoba elementů, které bylinná vegetace postupně dostává na pasece do koloběhu (tabulka VII). Na základě těchto údajů můžeme konstatovat, že rozhodující období pro fixaci elementů bylinami nastalo ve 3. roce po těžbě, což je dokumentováno i přiloženými snímky (obr. 1—4). To znamená, že předpoklady, které jsme uváděli v přehledu literárních informací, se plně potvrdily i při našem experimentu. V celé fytomase smrkového porostu bylo akumulováno 430 kg dusíku na ha a akumulace ve fytomase bylin na pasece ve 3. roce po těžbě činila 226 kg, tedy 52 %. Přitom je nutno brát v úvahu, že velká část biomasy bylin tvoří roční opad, takže návrat některých elementů v této fázi vývoje lesního porostu bude vysoko převyšovat roční návrat elementů v opadu dospělého smrkového porostu.

Dominantní bylinou na pasece ve 3. roce po těžbě se stala vrbovka *Chamaenerion angustifolium*, která z celkové hmotnosti fytomasy bylin v sušině 11,4 t/ha tvoří cca 4 t, tj. 35 %, ačkoliv v roce 1979, tedy ve 2. roce po těžbě z celkové hmotnosti fytomasy bylin cca 0,5 t/ha tvořila 60 kg, tj. 12 % (Vašíček [osobní sdělení]). Při relativně vysoké koncentraci zejména dusíku (3,45 % nadzemní a 1,23 % podzemní část), fosforu (0,48 % nadzemní a 0,25 % podzemní část) a draslíku (2,32 % nadzemní a 1,99 % podzemní část) má tedy vrbovka dominantní význam i v koloběhu těchto živin na pasece.

Rovněž jako u otázky regenerace fyzikálních vlastností zhoršených zatížením mechanizačními prostředky nás při bilancování elementů zajímá otázka, jak dlouhé období bude potřebné k regeneraci stanoviště z hlediska zásoby jednotlivých živin disponibilních pro nový porost. Touto otázkou se zabýval např. Gordon (1981), který připomíná, že při odstraňování porostu zůstávají sice v půdě zásoby živin přístupné pro nově založený porost, avšak návrat stanoviště do původního stavu vidí autor ve vstupu živin z atmosféry ve formě srážek a suchého spa-



1. Celkový pohled na paseku s výrazně viditelnou vyklizovací linií. — A view of the clearing with the visible skidding line

du. Ovšem tento vstup je ochuzován o vyluhované živiny mimo kořenový systém. Počet let, který je zapotřebí pro plnou regeneraci stanoviště, uvádí Gordon (1981) takto:

smíšený les		N	P	K	Ca
25 % jehličnanů	45 % listnáčů	19	15	17	15 let
50 % jehličnanů	50 % listnáčů	20	16	19	17 let
75 % jehličnanů	25 % listnáčů	21	19	22	18 let

Samozřejmě, že tyto údaje budou rozdílné při různých půdních a jiných podmínkách a nelze je proto generalizovat. V každém případě je nutno doplnit vlivy na regeneraci stanoviště po holé seči, jak uvádí Gordon (1981), o vliv bylinné vegetace, která v určitých podmínkách může mít zejména v koloběhu dusíku rozhodující vliv. Tento názor potvrzují i Packer a Williams (1976) in Jurgensen



2.—4. Postupný nárůst pasečné vegetace 1., 2. a 3. rok po těžbě. — A gradual growth of vegetation in the clearing in the first, second and third year after logging



a kol. (1979), kteří uvádějí, že vyluhování živin trvá obecně pouze krátké období několika let po těžbě, pokud se nerozvine bylinná vegetace, která regeneruje stanoviště.

ZÁVĚR

Na experimentální výzkumné stanici projektu UNESCO č. 2 Člověk a biosféra (MAB) v oblasti Dražanské vrchoviny byl studován vliv holopasečného způsobu těžby dřeva ve smrkovém porostu na půdní vlastnosti a koloběh elementů.

Na základě vyhodnocení výsledků počátečního stadia vývoje prostředí na pasece bylo konstatováno, že těžbou dřevní suroviny je ochuzováno stanoviště o 1088 kg vápníku, 570 kg dusíku, 510 kg draslíku a 1032 kg fosforu na ha. Dochází k destrukci půdního povrchového humusu, ke zvýšení heterogenity jeho rozložení na ploše. Výrazné snížení hmotnosti jednotlivých vrstev povrchového humusu bylo během tří let po holé seči konstatováno u vrstev L a F. Zatížením půdy mechanizačními prostředky při vyklizování dřeva z paseky bylo způsobeno zvýšení objemové hmotnosti půdy a snížení pórovitosti. Regenerace těchto vlastností probíhá pozvolna, zejména rozvojem kořenového systému bylinné vegetace. Mineralizace organické hmoty na pasece podmiňuje i snížení pH půdního roztoku. Zvýšená migrace elementů na pasece byla zjištěna zejména v 1. a 2. roce po těžbě. Výrazné ovlivnění koloběhu elementů na pasece ve 3. roce po těžbě podmiňuje rozvoj bylinné vegetace, kde dominantní úlohu má vrbovka *Chamaenerion angustifolium*.

Došlo dne 8. 12. 1982

Literatura

- BORING, L. R. — MONK, C. D. — SWANK, W. T.: The Role of Successional Species in Nutrient Conservation on a Clearcut Appalachian Watershed. In: Proc. Impact of Intensive Harvesting on Forest Nutrient Cycling. Univ. Syracuse, New York 1979, 392 s.
- CARLISLE, A. — METHVEN, I. R.: The Environmental Consequences of Intensive Forestry and the Removal of Whole Trees. Boyce S. G. ed. Biological and sociological basis for a rational use of forest resources for energy and organics. (Proc. of Int. Workshop for the Man and the Biosphere Program, May 1979, Mich. State Univ. East Lansing)
- GORDON, A. G.: Impact of harvesting on nutrient cycling in boreal mixed-wood forest. Proc. Boreal Mixed-wood Symposium, 1981, s. 121-140. Ministry of Natural Resources and the Great Lakes Forest Research Centre
- HAINES, B. L. — WAIDE, J. B.: Change in Soil Solution Chemistry Resulting from Clear-Cutting of a Southern Appalachian Hardwood Forest. In: Proc. Impact of Intensive Harvesting on Forest Nutrient Cycling. Univ. Syracuse, New York, 1979, 396 s.
- HORNBECK, J. — KROPELIN, W.: Nutrient Removal and Leaching Losses from a Whole Tree Harvest of Northern Hardwoods. Proc. Intensive Harvesting on Forest Nutrient Cycling. Univ. of Syracuse, New York, 1979, 397 s.
- IVANOV, B. N.: Dynamika plotnosti počvy na vyrubkach v jelovych lesach. Lesovedenie, 1976, s. 26-30
- JURGENSEN, M. F. — LARSEN, M. J. — HARVEY, A. E.: Forest Soil Biology — Timber Harvesting Relationship. USDA Forest Service. General Technical Report INT-69, 1979, 12 s.
- KREUTZER, K. — REEMTSMA, J. B.: Ecological Problems in Full Tree Utilisation. In: Impact of Intensive Harvesting on Forest Nutrient Cycling. Syracuse, New York, 1979, 403 s.
- LIKENS, G. E. — BORMAN, F. H.: Effects of Forest clearing on the Northern Hardwood Forest Ecosystem and its Biochemistry. Proceed. of the First Int. Congress of Ecology, the Hague, Sept. 8-14, 1974, s. 330-335
- LOCHMAN, V.: Dynamika biogenních prvků v půdě smrkového porostu a holé seče. Lesnictví 26 (L III) 1980, č. 7, s. 577-585
- MARION, G. M.: Biomass and nutrient removal in long-rotation stands. Proc.

Impact of Intensive harvesting on forest nutrient cycling. State Univ. of New York, Syracuse, New York 1979, s. 98-110

MARTIN, C. W. — PIERCE, R. S.: Clearcutting Configurations Affect the Magnitude and Duration of Nutrient Losses in Northern Hardwood Forest. In: Proc. Impact of Intensive Harvesting on Forest Nutrient Cycling. Univ. Syracuse, New York, 1979, 406 s.

PRITCHETT, W. L.: Properties and management of forest soils. J. Wiley, New York 1979, 500 s.

SEMENOVA, V. G.: Vlijanije rubok glavnogo polzovanija na počvy i krugovorot vėščestv v lesu. Izd. „Lesnaja promyšlennost“. Moskva 1975, 183 s.

STARK, N. M.: Nutrient Losses from Harvesting in a Larch/Douglas — Fir Forest. USDA Forest Service, Research Paper. INT-231 July, 1979, 41 s.

TROEDSON, T. — UTBULT, K.: Hydrological and Soil Physiological Changes Following Clear Felling. Sveriges Skogsvardsförbunds Tidskrift, Hefte 1, 1974, s. 66-74

WIKLANDER, G.: Effect of Clear Felling on the Content of Nutrients in Surface and Ground Water. Sveriges Skogsvardsförbunds Tidskrift, Hefte 1, 1974, s. 86-90

КЛИМО, Э. (Lesnická fakulta VŠZ, Brno). Влияние сплошной рубки на почвенные свойства и на круговорот элементов в экосистеме елового леса. Lesnictví, 29, 1983 (6) : 497-512.

На экспериментальной научно-исследовательской станции проекта Человек и биосфера (MAB) в области Драганской верховины изучали влияние сплошного способа рубки леса в еловом насаждении на почвенные свойства и на круговорот элементов. На основе оценки результата начальной стадии развития среды на лесосеке отметили, что в результате добычи древесного сырья местопроизрастание обедняется на 1088 кг извести, 570 кг азота, 510 кг калия и 1032 кг фосфора на гектар. Наблюдаются также деструкция почвенного поверхностного гумуса, повышение гетерогенности его распределения на площади. Резкое снижение массы отдельных слоев поверхностного гумуса в течение трех лет после сплошной рубки установили у слоев L и F. Под влиянием загрузки почвы средствами механизации при вывозке древесины с лесосеки установили повышение объемной массы почвы и снижение ее пористости. Восстановление этих свойств происходит медленно, особенно под влиянием развития корневой системы травяной вегетации. Минерализация органической массы на лесосеке обуславливает и снижение pH почвенного раствора. Повышенная миграция элементов на лесосеке была установлена особенно на 1-ый и 2-ой годы после сплошной рубки. Явное влияние на круговорот элементов на лесосеке на 3-й год после рубки обуславливается развитием травяной вегетации, в которой главную роль играет *Chamaenerion angustifolium*.

почвоведение лесное; еловые насаждения; экология лесная; сплошная рубка

KLIMO, E. (Lesnická fakulta VŠZ, Brno). The Influence of Clearcut Logging on Soil Properties and the Cycle of Elements in the Ecosystem of Spruce Forest. Lesnictví, 29, 1983 (6) : 497-512.

The influence was studied of clearcut logging in a spruce forest on the soil properties and cycle of elements at the experimental research station of the project Man and Biosphere (MAB) located in the Dražanské Hills. It could be stated evaluating the results on the initial stage of development of the environment in a clearing that the locality was deprived of 1088 kg calcium, 570 kg nitrogen, 510 kg potassium and 1032 kg phosphorus per hectare by rawtimber logging. Surface humus was destructed, the heterogeneity of its distribution on the area was increased. A great increase in the mass of different layers of surface humus was observed in layers L and F after the clearcut during three years. An increase in the bulk weight of soil and a decrease in porosity were found as a result of the soil load by machines used for wood skidding from the clearing. These properties are regenerated slowly, especially by the development of the root system of herbaceous vegetation. Mineralization of organic matter in the clearing implies a decrease in pH of the soil solution. A higher migration of elements in the clearing was observed mainly in the 1st and 2nd years after logging. The cycle of elements in the clearing in the 3rd year after logging is highly influenced by the development of herbaceous vegetation where a dominant role is played by *Chamaenerion angustifolium*.

forest pedology; spruce stands; forest ecology; clearcut

Adresa autora:

Doc. Ing. Emil Klimo, CSc., lesnická fakulta VŠZ, Lesnická 37, 662 66 Brno

NĚKTERÉ EKOLOGICKÉ FAKTORY PŮSOBÍCÍ V RŮZNÝCH TVARECH LESA

M. Vyskot

VYSKOT, M. (Lesnická fakulta VŠZ, Brno). *Některé ekologické faktory působící v různých tvarech lesa*. Lesnictví, 29, 1983 (6) : 513-536.

V rámci projektu č. 84 mezivládního programu UNESCO Člověk a biosféra se řeší dlouhodobě problém vlivu antropické činnosti na populace lesních dřevin v temperátní zóně. Děje se tak na objektu smíšených porostů s převahou jehličnanů v oblasti chlumních lesů Školního lesního podniku VŠZ v Brně, polesí Olomučany. Lesy této oblasti jsou velmi produktivní, rezistentní a vitální. V dlouholetém výzkumu se zde řešila otázka odolnosti a produkce populací lesních dřevin při rozdílné fyto technice, zejména při srovnání pozitivního a negativního výběru v komparaci s kontrolou. Dále byla řešena problematika kvantifikace biomasy u juvenilních a adultních porostů populací jedlí a modřínů. Na uvedených mezinárodních výzkumných plochách se sleduje také vliv ekologických, zejména bioklimatických faktorů na různou strukturu porostů ve srovnání s bezlesím. Dosavadní výsledky ukázaly, že v kvantitativních faktorech je vyšších průměrných biometrických hodnot dosahováno při negativním výběru pod úrovní porostu, kdežto vyšších kvalitativních faktorů při pozitivním výběru v úrovni porostu. Studium biomasy (dendromasy) ukázalo, jaké jsou rezervy ještě zejména v biomase nehroubí lesních dřevin a jaké řádové rozdíly existují mezi předrůstavými, úrovnovými a podúrovnovými kategoriemi stromů. Dlouhodobým zkoumáním bioklimatických a ekologických faktorů bylo zjištěno, že největší intercepce srážek (až 35 %) je v mladé jedlové monokultuře, zatímco ve starém smíšeném lese je pouze 20 % a že les a strom působí jako moderátor extrémních hodnot, zejména tepelných.

ekologie lesnická; pěstění lesů; biomasa

Les má v kontextu s rozvojem lidské civilizace stále větší význam ve funkci produkční i mimoprodukční. Přitom je to klimaxové společenstvo, které zahrnuje rozmanité populace lesních dřevin v různých homeostatických fázích. Tam, kde činnost člověka vědomě nebo i nevědomě změní nebo ovlivní přírodní zákony působící objektivně v lese a na les, dochází k podstatným změnám většinou negativního typu, které vedou k rozsáhlým destrukcím. Jsou to například známé lesní kalamity, které již v minulosti vznikaly vlivem abiotických a biotických faktorů. K těm nyní přistupují rozsáhlé civilizační kontaminace lesa působené škodlivými zplodinami, především z průmyslu a z energetiky na bázi fosilních paliv.

Vzhledem k tomu, že les je sekulární společenstvo, je ho třeba zkoumat v dlouhodobé časové řadě. Můžeme říci, že v lese objektivně působí, obrazně řečeno, jako čtvrtá dimenze čas. Vždyť jenom při průměrné století obmýtní době hospodářského lesa se v péči o něj vystřídají až čtyři generace lesníků. Z toho důvodu je třeba les zkoumat na dlouhodobých výzkumných plochách. Budiž řečeno ke cti našich předchůdců, že si této skutečnosti byli dobře vědomi a že například již v roce 1830 při sjezdu lesníků v Hluboké nad Vltavou vytyčili požadavek

I. Hlavní bioklimatické hodnoty v letech 1974—1981. — Main bioclimatic values in the years 1974—1981

Vědeckovýuková stanice Olomučany

Odd.	Rok	1974	1975	1976	1977	1978	1979	1980	1981	8letý prům. 1974—1981	Poznámka
89 — holina	A*	7,76	7,72	7,80	7,70	6,75	7,27	6,02	7,46	7,31	50letý průměr 7,7 °C (dle HMÚ)
	B	—7,0	—16,0	—14,0	—13,0	—16,5	—18,0	—15,3	—17,0	—14,6	absolut. minim. —18 °C (r. 1979)
	C	30,0	30,0	33,5	28,8	27,2	30,0	28,5	29,5	29,69	absolut. maxim. 33,5 °C (r. 1976)
	D	161	148	169	143	147	149	130	166	152	maxim. 169 (r. 1976) minim. 130 (r. 1980)
	E	35	70	80	68	91	77	97	88	76	maxim. 97 (r. 1980) minim. 35 (r. 1974)
	F	628,38	462,65	543,64	695,80	511,06	793,34	629,20	739,93	625,50	dlouholetý průměr: jih Mor. krasu 550 mm, sever 700 mm
	G	107	89	58	57	52	112	121	113	89	maxim. 113 (r. 1981) minim. 52 (r. 1978)
	H	měření započato 1. 9. 1976		15,27	14,05	18,39	19,65	23,89	22,56	5letý prům. 19,71	maxim. 23,89 (r. 1980) minim. 14,05 (r. 1977)
	I	65,40	66,30	65,04	77,38	77,00	74,45	75,76	74,88	72,03	maxim. 74,88 (r. 1981) minim. 65,04 (r. 1976)
	J	měření započato 22. 8. 1979					750,47	747,93	748,69	749,03	maxim. 750,47 (r. 1979) minim. 749,93 (r. 1980)
	K	SZ 55,13	SZ 58,0	SZ 66,0	SZ 40,52	SZ 59,5	SZ 41,4	SZ 37,5	SZ 42,8	SZ 50,14	maxim. 66,0 % (r. 1976) SZ minim. 37,5 % (r. 1980) SZ
	L	1306,00	1321,20	1396,00	1227,30	1241,30	1195,31	951,10	1183,49	1228,00	maxim. 1396,00 (r. 1976) minim. 951,10 (r. 1980)
	M	21	30	50	82	68	91	78	81	63	maxim. 198 (r. 1979) minim. 111 (r. 1974)
	N	215	214	272	116	158	132	134	132	163	maxim. 272 (r. 1976) minim. 116 (r. 1977)
	O	120	121	114	167	139	142	154	152	139	maxim. 167 (r. 1977) minim. 114 (r. 1976)

* Viz legenda na str. 533.

VVS Olomučany

Odd.	Rok	1974	1975	1976	1977	1978	1979	1980	1981	8letý prům. 1974—1981	Poznámka
108 — jedlová monokultura	A	7,50	7,41	7,17	7,36	6,58	7,57	6,36	7,51	7,18	maxim. 7,57 °C (r. 1979) minim. 6,36 °C (r. 1980)
	B	−5,0	−16,0	−15,0	−13,0	−17,5	−17,5	−14,5	−19,0	−14,7	absolut. minim. −19,0 °C (r. 1981)
	C	28,5	27,5	31,0	26,0	25,5	28,5	26,0	27,0	27,5	absolut. maxim. 31,0 °C (r. 1976)
	D	134	141	160	137	147	151	139	165	148	maxim. 165 (r. 1981) minim. 134 (r. 1974)
	E	26	69	77	70	81	65	87	86	70	maxim. 87 (r. 1980) minim. 26 (r. 1974)
	F	392,73	296,75	362,48	423,40	309,52	532,25	453,85	491,06	407,76	maxim. 532,25 (r. 1979) minim. 296,75 (r. 1975)
	G	107	89	58	57	52	112	121	113	89	maxim. 121 (r. 1980) minim. 52 (r. 1978)
	H	měření započato 1. 9. 1976		0,68	0,71	3,27	1,96	6,19	5,59	5letý prům. 3,54	maxim. 5,59 (r. 1981) minim. 0,71 (r. 1977)
	I	71,80	72,30	70,84	80,52	82,70	81,99	78,66	78,32	77,14	maxim. 82,70 (r. 1978) minim. 70,84 (r. 1976)
	P	1,37	2,76	1,30	2,12	2,48	2,72	2,09	3,39	2,28	maxim. 3,39 (r. 1981) minim. 1,30 (r. 1976)
	Q	1,35	0,67	0,50	0,08	0,23	0,20	0,28	0,26	0,45	maxim. 1,35 (r. 1974) minim. 0,08 (r. 1977)
	R	1,60	1,41	0,76	0,07	0,02	0,13	0,10	0,06	0,52	maxim. 1,60 (r. 1974) minim. 0,02 (r. 1978)
	S	1,44	1,61	0,86	0,76	0,91	1,02	0,82	1,23	1,08	maxim. 1,61 (r. 1975) minim. 0,76 (r. 1977)
	T	4,42	3,88	5,70	3,83	4,37	6,13	5,34	6,06	4,97	maxim. 6,13 (r. 1979) minim. 3,83 (r. 1977)

III. Hlavní bioklimatické hodnoty v letech 1974—1981. — Main bioclimatic values in the years 1974—1981

VVS Olomučany

Odd.	Rok	1974	1975	1976	1977	1978	1979	9180	1981	8letý prům. 1974—1981	Poznámka
109 — smíšený les	U	4,23	3,06	4,11	3,19	3,42	4,86	6,16	7,60	4,58	maxim. 7,60 (r. 1981) minim. 3,06 (r. 1975)
	V	476,52	366,49	416,76	552,78	420,00	663,03	527,08	606,27	503,62	maxim. 663,03 (r. 1979) minim. 366,49 (r. 1975)
	X ₁	měření započato 1. 5. 1977				170,60	332,70	269,89	210,37	4letý prům. 245,90	maxim. 332,70 (r. 1979) minim. 170,80 (r. 1978)
	X ₂					70,70	224,00	95,90	132,40	130,75	maxim. 224,00 (r. 1979) minim. 70,70 (r. 1978)
	X ₃					70,45	150,70	66,36	60,09	86,90	maxim. 150,70 (r. 1979) minim. 60,09 (r. 1981)
	X ₄					51,48	101,94	62,44	48,20	66,02	maxim. 101,94 (r. 1979) minim. 48,20 (r. 1981)

IV. Tabulka hlavních bioklimatických faktorů s přihlédnutím k přírůstkům u sledovaných stromů *Abies alba* I., II. a III. kategorie v odd. 108 v osmiletém období 1974—1981. — Main bioclimatic factors surveyed with regard to increments in the studied trees of *Abies alba* of categories I, II and III in compt. 108 over the eight years 1974—1981

VVS Olomučany

Rok	1974	1975	1976	1977	1978	1979	1980	1981	8letý prům.	Poznámka
C	7,50	7,41	7,17	7,36	6,58	7,57	6,36	7,51	7,18	maxim. 7,57 (r. 1979) minim. 6,36 (r. 1980)
D	134	141	160	137	147	151	139	165	148	maxim. 165 (r. 1981) minim. 134 (r. 1974)
F	392,73	296,75	362,48	423,40	309,51	532,25	453,85	491,06	407,76	maxim. 532,25 (r. 1979) minim. 296,75 (r. 1975)
G	107	89	58	57	52	112	121	113	89	maxim. 121 (r. 1980) minim. 52 (r. 1978)
H	—	—	—	0,71	3,27	1,96	6,19	5,59	5letý prům. 3,54	měření rosy započato 1. 9. 1976
I	71,8	72,3	70,84	80,52	82,70	81,99	78,66	78,32	77,14	maxim. 82,7 (r. 1978) minim. 70,84 (r. 1976)
L	1306,00	1321,20	1396,00	1227,30	1241,30	1195,31	951,10	1183,49	1228,00	maxim. 1396,00 (r. 1976) minim. 951,00 (r. 1980)
P	1,37	2,76	1,30	2,12	2,48	2,72	2,09	3,39	2,28	maxim. 3,39 (r. 1981) minim. 1,30 (r. 1976)
Q	1,35	0,67	0,50	0,08	0,23	0,20	0,28	0,26	0,45	maxim. 1,35 (r. 1974) minim. 0,08 (r. 1977)
R	1,60	1,41	0,76	0,07	0,02	0,13	0,10	0,06	0,52	maxim. 1,60 (r. 1974) minim. 0,02 (r. 1978)
S	1,44	1,61	0,86	0,76	0,91	1,02	0,82	1,23	1,08	maxim. 1,61 (r. 1975) minim. 0,76 (r. 1977)

Pravidelné měření přírůstků u sledovaných stromů I., II. a III. kategorie v odd. 108 bylo započato dne 1. 4. 1974.

V. Sledování přírůstků při zatížení plochy 10 mm² na VVS Olomučany, odd. 108 (*Abies alba*, kmen č. 155). — Study of increments at trunk load per 10 mm² area at the Olomučany Research Station, compt. 108 (*Abies alba*, trunk no. 155)

Pořadí	Počáteční hodnota	Konečná hodnota	Zatížení v kg	Přírůst v mm/r
1977				
P 0	0,00	4,60	0,000	4,60
P 1	0,00	3,16	0,200	3,16
P 2	0,20	2,70	0,240	2,50
P 3	0,00	2,90	0,260	2,90
P 4	0,00	2,85	0,280	2,85
P 5	0,15	2,40	0,300	2,25
P 6	0,00	2,20	0,350	2,20
P 7	0,00	2,15	0,450	2,15
1978				
P 0	4,60	9,80	0,000	5,20
P 1	3,16	7,16	0,700	4,00
P 2	2,70	6,10	0,780	3,40
P 3	2,90	5,80	0,900	2,90
P 4	2,85	5,75	1,050	2,90
P 5	2,40	5,05	1,200	2,65
P 6	2,20	4,65	1,350	2,45
P 7	2,15	4,55	1,280	2,40
1979				
P 0	9,80	15,10	0,000	5,30
P 1	7,16	12,26	1,050	5,10
P 2	6,10	11,10	1,100	5,00
P 3	5,80	10,20	1,200	4,40
P 4	5,75	9,80	1,300	4,05
P 5	5,05	8,25	1,450	3,20
P 6	4,65	7,10	1,500	2,45
P 7	4,55	6,95	1,550	2,40

zakládání dlouhodobých výzkumných ploch, na nichž lze jediné vést důkazy o vhodnosti toho či onoho způsobu pěstění lesních porostů.

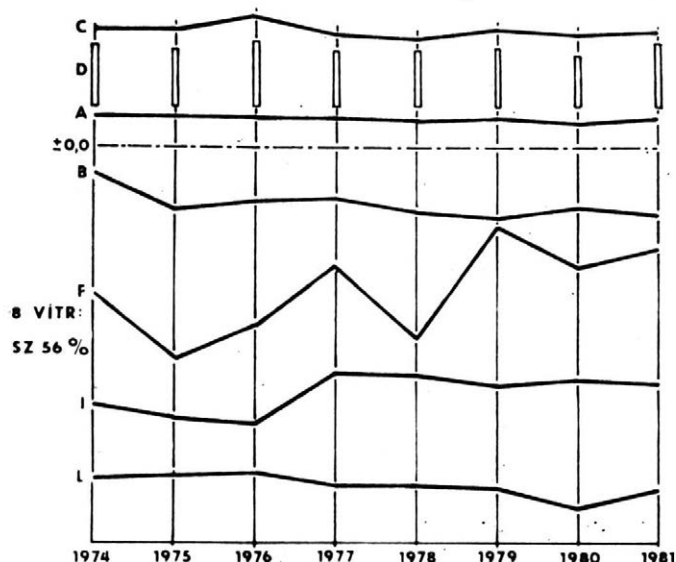
Z této premisy jsme vycházeli také my, když jsme zakládali po roce 1945 dlouhodobé výzkumné plochy, na nichž jsme ověřovali účinek různé fytotechniky ve vztahu k ekologickým faktorům a s cílem komplexního hodnocení produkce populací lesních dřevin ve vztahu k prostředí lesa, a tím i životnímu prostředí.

Tak vznikl ve státním plánu výzkumu počátkem padesátých let komplexní program základního výzkumu věnovaný teoretickým zákla-

1980				
P 0	15,10	17,50	0,000	2,40
P 1	12,26	14,56	1,150	2,30
P 2	11,10	13,25	1,250	2,15
P 3	10,20	12,30	1,300	2,10
P 4	9,80	11,80	1,400	2,00
P 5	8,25	10,10	1,560	1,85
P 6	7,10	8,90	1,600	1,80
P 7	6,95	8,75	1,700	1,80
1981				
P 0	17,50	23,10	0,000	5,60
P 1	14,56	18,56	1,300	4,00
P 2	13,25	16,85	1,450	3,60
P 3	12,30	15,50	1,540	3,20
P 4	11,80	14,90	1,640	3,10
P 5	10,10	13,10	1,750	3,00
P 6	8,90	11,30	1,900	2,40
P 7	8,75	11,25	2,100	2,50
Souhrn 1977 – 1981				
P 0	0,00	23,10	0,000	23,10
P 1	0,00	18,56	1,300	18,56
P 2	0,20	16,85	1,450	16,65
P 3	0,00	15,50	1,540	15,50
P 4	0,00	14,70	1,640	14,70
P 5	0,15	13,10	1,750	12,95
P 6	0,00	11,30	1,900	11,30
P 7	0,00	11,25	2,100	11,25

dům lesnictví. Z tohoto pojetí vycházel později samostatný stěžejní úkol a v něm meritorně hlavní úkol věnovaný výzkumu populací lesních dřevin a jejich záměrnému ovlivňování. Tato koncepce organicky navázala na mezinárodní biologický program koordinovaný v rámci Mezinárodní biologické unie (IUBS) a dále převedený na mezivládní program UNESCO Člověk a biosféra (MAB). V našem případě tedy šlo o využití dlouhodobých výzkumných ploch založených původně pro komplexní ekologicko-produkční výzkum účinků různých fyto technických metod pro uvedené mezinárodní programy a projekty. V tomto příspěvku si všímáme jednoho z objektů této naší vědecké práce, který je veden v rámci UNESCO jako projekt č. 84 pod názvem Ekologické konsekvence biotechnických metod v intenzívně kultivovaných jehlič-

1. Průběh hlavních bioklimatických faktorů ve smíšeném porostu. — The course of main bioclimatic factors in a mixed forest



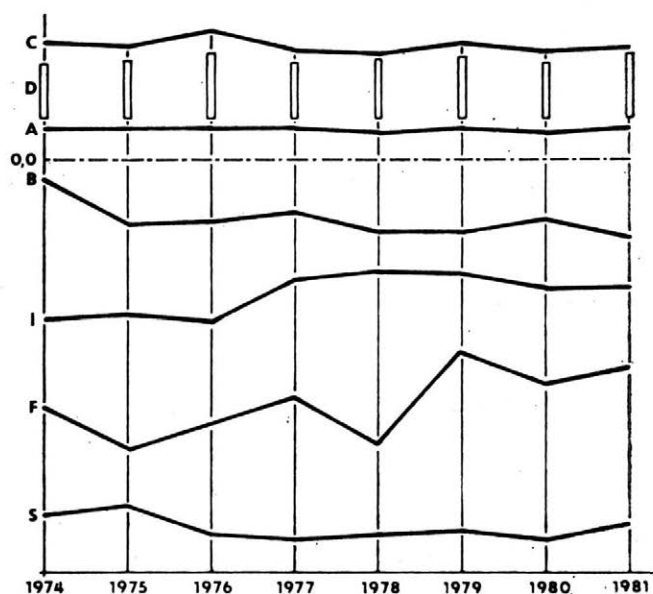
C	30,0	30,0	33,5	28,8	27,2	30,0	28,5	29,5
B	-7,0	-16,0	-14,0	-13,0	-16,5	-18,0	-15,3	-17,0
A	7,8	7,7	7,8	7,7	6,8	7,3	6,0	7,5
D	161	148	169	143	147	149	130	166
I	65,4	66,3	65,0	77,4	77,0	74,4	75,8	74,9
F	628,4	462,7	543,6	695,8	511,1	793,3	629,2	739,9
L	1306,0	1321,2	1396,0	1227,3	1241,3	1195,3	951,1	1183,5

natých lesích střední polohy. Jde o objekt Olomučany u Blanska, v odd. 89, 108 a 109, na území Školního lesního podniku VŠZ v Brně. Tento objekt je evidován v UNESCO od roku 1976, ale výzkumně je veden již od roku 1949 jako soubor dlouhodobých výzkumných ploch a od roku 1952 v badatelském plánu Československé akademie věd.

POPIS OBJEKTU A VÝSLEDKY PRODUKČNÍHO VÝZKUMU

Základní ideou Mezinárodního biologického programu (IBP) a programu Člověk a biosféra (MAB) je výzkum a měření produktivity biosféry, což představuje především analýzu produkce ekosystémů. V daném případě jsme jako objekt výzkumu zvolili lesní společenstva ve skupině lesních typů *Fagetum quercino-abietinum* v polesí Olomučany u Blanska. Výzkumný objekt je limitován souřadnicemi 49°19'25" s. š. a 16°40'11" v. d. Leží v nadmořské výšce 450–500 m na plošině mírně skloněné k severovýchodu, jejíž matečnou horninou je granitit brněnské vyvřeliny. Pedologicky jde o písčitojílovitou hnědou lesní půdu, která je středně podzolovaná, místy mírně oglejená, ve vyšší poloze šterkovitá a kamenitá. Fytocenologicky zde převládají dvě typy-

2. Průběh hlavních bioklimatických faktorů a přírůstu letokruhů v mladé jedlové monokultuře. — The course of main bioclimatic factors and annual-ring increment in a young fir monoculture

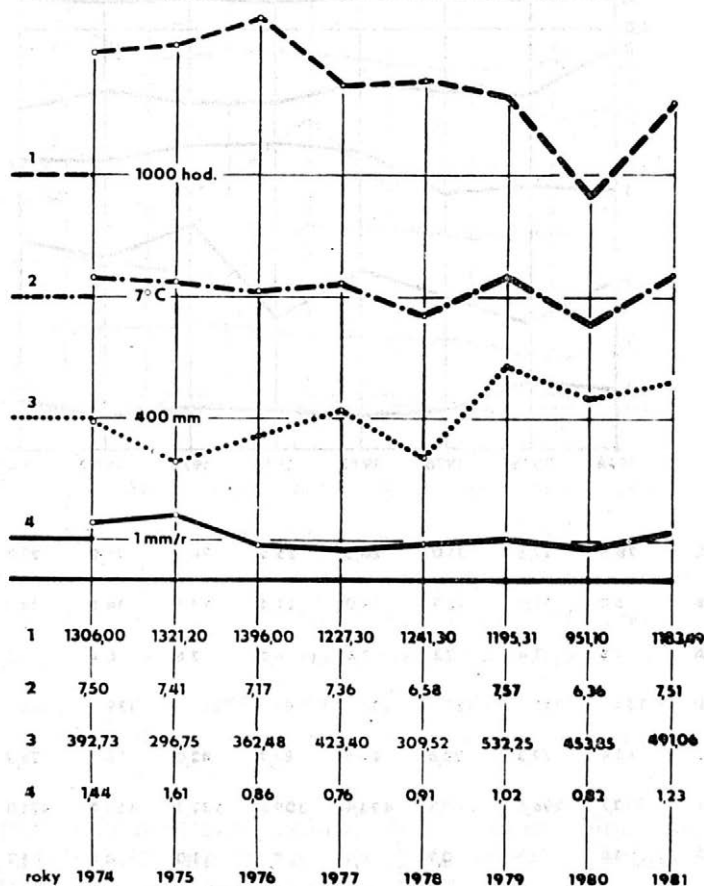


C	28,5	27,5	31,0	26,5	25,5	28,5	26,0	27,0
B	5,0	16,0	15,0	13,0	17,5	17,5	14,5	19,0
A	7,5	7,4	7,2	7,4	6,6	7,6	6,4	7,5
D	134	141	161	137	147	151	139	165
I	71,8	72,3	70,8	80,5	82,7	82,0	78,7	78,3
F	392,7	296,8	362,5	423,4	309,5	532,2	453,8	491,0
S	1,4	1,6	0,9	0,8	0,9	1,0	0,8	1,2

logické jednotky. První s označením 3S7 je svěží dubová bučina s ostřicí chlupatou a druhá 3K3 kyselá dubová bučina biková. Dlouhodobé průměrné srážky podle stanice v Olomučanech činí ročně 628 mm a průměrné teploty 7,8 °C. Soubor porostů je velmi rozmanitý, zahrnuje prakticky všechny hospodářské dřeviny s převahou jehličnanů, od jednoletých semenáčků až po 155leté výstavky heliofytů.

Nejpodrobnější výsledky jsou k dispozici z výzkumných ploch v odd. 108, kde byla dlouhodobě sledována monokulturní populace jedle bělokore z hlediska vitality a produkce fytomasy v objemu a hmotnosti [Vyskot 1970—1973]. Tyto výzkumné plochy byly založeny v roce 1956 a jsou od tohoto roku podrobně sledovány. První komplexní biometrické šetření bylo vykonáno v roce 1959 a byla při něm komparována úroňová probírka pozitivním výběrem s mírnou podúroňovou probírkou a kontrolními sériemi bez zásahu. Podle podrobných šetření za leta 1959—1970 byl sledován vývoj hlavních biometrických faktorů vždy před těžbou a po těžbě a vyhotoveny letokruhové ana-

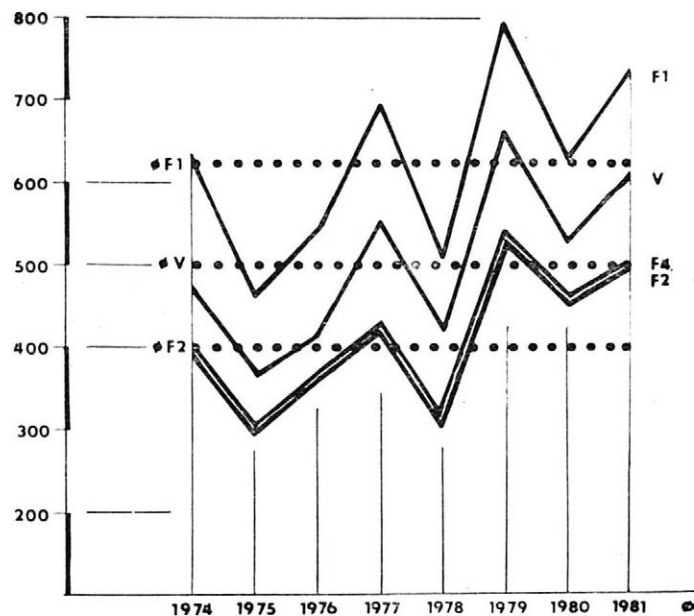
3. Průběh délky slunečního svitu, průměrné teploty a srážek ve vztahu k přírůstu v jedlové monokultuře. — Duration of sunshine, average temperatures and precipitation sums in relation to increments in fir monoculture



lýzy. Výsledky dosažené za uvedené období ukázaly, že nejvíce klesl počet stromů po probírce podúrovňové, což se projevilo také v relativně nižší hektarové zásobě. Zajímavým faktem je, že potlačené jedle, které nebyly v první fázi při úrovňové probírce pozitivním výběrem odstraněny, uhynuly ve vyšším počtu podle zákonitosti průběhu přirozené mortality jedle na kontrolní ploše. U ostatních biometrických faktorů byly průměrné hodnoty různě variabilní, přičemž většina vyšších průměrných hodnot byla dosažena po probírce podúrovňové. Z hlediska kvality stromů byl průkazně nejvyšší efekt pozitivní selekce úrovněnou probírkou, kdy bylo dosaženo nejvyššího počtu nej kvalitnějších jedlí jako nositelů jakostní produkce.

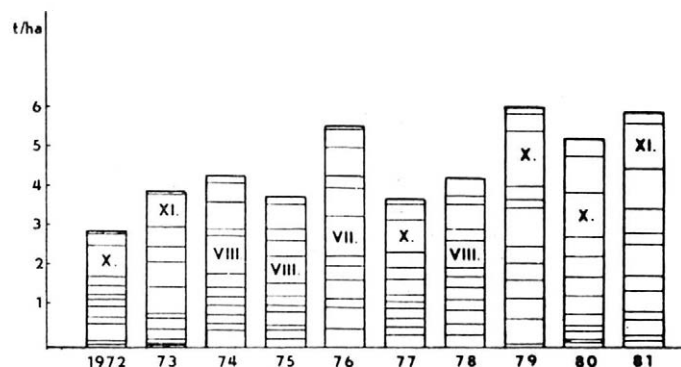
Ve zkoumaném porostu byla synchronně zkoumána biomasa vzorníků jedle ve svěžím stavu a v sušině (Vyskot 1972 a 1973). Nadzemní biomasa jedle činila v padesáti letech věku na 1 ha 216,4 m³, z čehož hroubí nad 7 cm výčetní tloušťky činilo 175,8 m³. Podzemní kořenná biomasa dosáhla hodnoty 29,9 m³, takže celkový objem biomasy nad-

OLOMUČANY

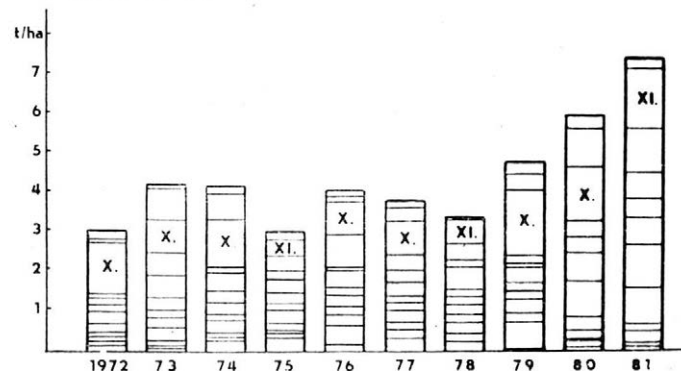


F 1	628,4	462,7	543,6	695,8	511,1	793,3	629,2	739,9	625,5
F 2	392,7	296,8	362,5	423,4	309,5	532,3	453,9	491,1	407,8
F 3	7,2	3,8	3,9	6,3	4,4	6,6	4,9	4,4	3,7
F 4	399,9	300,6	366,4	429,7	313,9	538,9	458,8	495,5	411,5
V	475,5	366,5	416,8	552,8	420,0	663,0	527,1	606,3	503,6

OLOMUČANY 108



OLOMUČANY 109



4. Srovnání průměrných ročních srážek na holině, v jedlové monokultuře a ve smíšeném porostu. — Comparison of average precipitation sums in the clearing, fir monoculture and in the mixed forest
5. Opad v jedlové monokultuře (108) a ve smíšeném porostu (109) za leta 1972—1981. — Needle cast in a fir monoculture (108) and cast in a mixed forest (109) in the years 1972—1981

Via. Přehledná tabulka srážek v mm v letech 1974—1981. — Precipitation sums in mm in the years 1974—1981

VVS Olomučany

Odd.	Charakter plochy	1974	1975	1976	1977	1978	1979	1980	1981
89	holina	628,38	462,65	543,64	695,80	511,06	793,34	629,20	739,93
108	jedlová monokultura	392,73	296,75	362,48	423,40	309,52	532,25	453,85	491,06
109	smišený les	476,52	366,49	416,76	552,78	420,00	663,03	527,08	606,27
Odd.	Charakter plochy	8letý prům. mm	% z prům. srážky za r. 1974—1981	Sa mm 1974—1981	Poznámka				
89	holina	625,50	100 %	5004,00	—				
108	jedlová monokultura	407,76	65,19 %	3262,04	34,81 % zadrž. porostem (= 217,74 mm)				
109	smišený les	503,62	80,51 %	4028,93	19,49 % zadrž. porostem (= 121,91 mm)				

Vib. Přehledná tabulka vsaku v mm v letech 1978—1981. — Infiltration in mm in the years 1978—1981

109	Smišený les	1978	1979	1980	1981	Poznámka
	H 1	170,80	332,70	269,89	210,37	měření započato 1. 5. 1977
	H 2 mm	70,70	224,00	95,90	132,40	
	H 3	70,45	150,70	66,36	60,09	
	H 4	51,48	101,94	62,44	48,20	
109	Smišený les	4letý prům. mm.	% z prům. srážky za r. 1978—1981	Sa mm 1978—1981 +	+ prům. srážka na holině v r. 1978—1981 = 668,38 mm	
	H 1	245,90	36,79 %	983,60	— tvoří zásobu podzemní vody	
	H 2 mm	130,75	19,59 %	523,00		
	H 3	86,90	13,00 %	347,60		
	H 4	66,02	9,89 %	264,06		

zemní i podzemní činil 246,3 m³. Hmotnost ve svěžím stavu byla u nadzemní biomasy 190,8 t a u podzemní 24,7 t, celkem 215,5 t. Biomasa v sušině byla u nadzemní části 119,1 t a u podzemní 14,7 t, celkem 133,8 t. Zajímavý je řádivý rozdíl mezi kategoriemi stromů předrůstavých, stromů úrovnových a stromů podúrovnových. Například celková hmotnost předrůstavé jedle činila ve svěžím stavu 801,0 kg, stejně staré úrovnové jedle 151,2 kg a podúrovnové jedle pouze 32,4 kg.

VII. Souhrn měření teplot kmene stromu *Abies alba* v letech 1978—1981 (VVS Olo-
mučany odd. 108). Měření započato 1. 1. 1978. — Temperature sums of the trunk of
the *Abies alba* tree in the years 1978—1981 (Research Station compt. 108). Records
begun on January 1, 1978

Sledované teploty ve °C		1978	1979	1980	1981	4letý průměr	Poznámka
Průměrná roční teplota	T 1	6,62	6,81	6,10	7,23	6,69	4letý průměr 6,30
	T 2	6,10	6,30	5,68	6,94	6,26	
	T 3	5,99	6,20	5,59	6,89	6,17	
	T 4	5,94	6,10	5,48	6,71	6,06	
Průměrná roční teplota minimál.	T 1	— 1,00	— 0,17	— 0,36	— 0,68	— 0,55	4letý průměr 0,16
	T 2	— 0,12	+ 0,15	— 0,08	— 0,24	— 0,07	
	T 3	0,31	0,47	0,32	0,65	0,44	
	T 4	0,81	0,63	0,68	1,12	0,81	
Průměrná roční teplota maximál.	T 1	14,49	14,63	13,81	15,76	14,67	4letý průměr 12,62
	T 2	12,73	12,08	11,70	14,27	12,70	
	T 3	11,90	11,07	11,02	13,28	11,82	
	T 4	11,73	10,58	10,14	12,72	11,29	
Absolut. minimum roku dne	T 1	—14,5 5. 12.	—15,2 7. 1.	—12,5 12. 1.	—14,0 9. 1. 11. 12.	—14,05	4letý průměr —13,26
	T 2	—14,0 5. 12.	—15,0 7. 1.	—12,5 12. 1.	—13,8 9. 1.	—13,83	
	T 3	—12,0 5. 12.	—14,5 7. 1.	—12,0 12. 1.	—13,5 9. 1.	—13,00	
	T 4	— 9,8 5. 12.	—14,5 7. 1.	—11,0 12. 1.	—13,3 9. 1.	—12,15	
Absolut. maximum roku dne	T 1	23,0 1. 8.	26,0 20. 5.	23,0 14. 6.	26,0 8. 8.	24,50	4letý průměr 20,82
	T 2	20,0 2. 8.	19,5 2. 6.	19,7 5. 8.	23,0 8. 8.	20,55	
	T 3	19,0 2. 8.	18,0 2. 6.	18,8 5. 8.	21,5 8. 8.	19,33	
	T 4	18,9 2. 8.	18,0 2. 6.	18,2 5. 8.	20,5 8. 8.	18,90	
Průměrná roční teplota stromu		6,16	6,35	5,71	6,94	6,30	minim. prům. 5,71 maxim. prům. 6,94

Sledované teploty: teplota na povrchu kmene
teplota pod kůrou
teplota v 1/4 kmene
teplota v 1/2 kmene

T 1
T 2
T 3
T 4

Sledované teploty ve °C		Teplota v měsíci					
		1.	2.	3.	4.	5.	6.
Průměrná	T 1	-1,18	-3,31	3,95	5,97	10,54	14,13
	T 2	-1,12	-4,03	3,16	5,34	10,10	13,12
	T 3	-1,09	-4,18	2,92	4,95	9,77	12,88
	T 4	-1,10	-4,16	3,13	4,49	9,59	12,77
Minimální dne	T 1	-7,0 6. 1.	-12,0 19. 2.	-0,5 24. 3.	-2,0 7. 4.	1,0 11. 5.	9,0 15. 6.
	T 2	-6,7 10. 1.	-13,5 19. 2.	-0,3 24. 3.	-1,3 7. 4.	1,5 12. 5.	8,5 15. 6.
	T 3	-6,5 10. 1.	-13,0 19. 2.	0,0 24. 3.	-1,5 7. 4.	1,5 12. 5.	9,0 15. 6.
	T 4	-6,0 10. 1.	-13,0 19. 2.	+0,3 24. 3.	-0,5 7. 4.	2,0 12. 5.	9,0 15. 6.
Maximální dne	T 1	3,0 8. 1.	3,8 26. 2.	16,0 31. 3.	15,0 1. 4.	16,5 6. 5.	20,8 4. 6.
	T 2	2,3 4. 1.	2,0 27. 2.	13,5 31. 3.	13,0 1. 4.	15,0 6. 5.	19,0 4. 6.
	T 3	2,2 2. 1.	1,0 27. 2.	12,5 31. 3.	12,1 1. 4.	14,0 6. 5.	17,5 4. 6.
	T 4	2,0 2. 1.	1,0 28. 2.	14,0 31. 3.	11,0 1. 4.	13,9 6. 5.	17,0 4. 6.
Průměrná měsíční teplota stromu		-1,12	-3,92	3,29	5,19	10,00	13,23

Měření započato 1. 1. 1978

V sousedním porostu byla zkoumána biomasa modřínů ve věku 36 let. Zde byly obdobně srovnávány všechny hodnoty biomasy v objemu a hmotnosti. Nadzemní objem na 1 ha činil u tohoto mladšího modřínového porostu 105,0 m³, u podzemní části 19,2 m³, celkem 124,2 m³. Hroubí nadzemní části přitom činilo 83,1 m³. Biomasa ve svěžím stavu činila u tohoto modřínu 99,7 t nadzemní části a 17,7 t kořenů, celkem tedy 117,4 t. V sušině pak byla nadzemní biomasa celkem 55,5 t a podzemní 8,9 t, což je celkem 64,4 t. Opět se tu projevíly řádové rozdíly mezi stejně starými modřínů různých věkových kategorií. Tak např. předrůstavý modřín ve svěžím stavu měl hmotnost biomasy 383,0 kg, úrovňový modřín 149,3 kg a podúrovňový modřín jen 36,6 kg. Ve stejném souboru porostu jsme posuzovali adultní jedle a modřín. Jedle měly věk 135 let a modřín 140 let. Dominantní jedle měla celkovou biomasu v objemu 1,6 m³ a v hmotnosti 1322,4 kg, z čehož na kořeny připadalo 246,2 kg a na nadzemní část 1076,2 kg. Úrov-

Teplota v měsíci						Roční průměr	Poznámka
7.	8.	9.	10.	11.	12.		
14,10	14,85	11,39	8,98	0,84	-0,82	6,62	minim. -3,31 maxim. 14,85
13,40	14,14	10,97	8,47	0,69	-1,01	6,10	minim. -4,03 maxim. 14,14
13,23	14,10	10,82	8,44	0,98	-0,98	5,99	minim. -4,18 maxim. 14,10
13,18	14,08	10,83	8,39	0,80	-0,78	5,94	minim. -4,16 maxim. 14,08
10,0	8,0	5,0	2,0	-3,0	-14,5	-1,00	abs. minim.: -14,5 5. 12.
11. 7.	31. 8.	28. 9.	28. 10.	16. 11.	5. 12.		
9,5	8,7	6,0	3,0	-2,8	-14,0	-0,12	-14,0 5. 12.
11. 7.	31. 8.	28. 9.	28. 10.	16. 11.	5. 12.		
9,7	9,0	6,0	4,0	-2,5	-12,0	+0,31	-12,0 5. 12.
11. 7.	31. 8.	28. 9.	28. 10.	16. 11.	5. 12.		
9,9	9,8	6,5	4,0	-2,5	-9,8	+0,81	-9,8 5. 12.
11. 7.	31. 8.	28. 9.	28. 10.	16. 11.	5. 12.		
21,0	23,0	22,0	16,8	9,0	7,0	14,49	abs. maxim.: 23,0 1. 8.
27. 7.	1. 8.	11. 9.	13. 10.	1. 11.	15. 12.		
18,5	20,0	19,5	15,5	8,5	6,0	12,73	20,0 2. 8.
31. 7.	2. 8.	11. 9.	4. 10.	1. 11.	15. 12.		
18,0	19,0	18,0	15,0	7,8	5,7	11,90	19,0 2. 8.
31. 7.	2. 8.	11. 9.	4. 10.	1. 11.	15. 12.		
17,5	18,9	17,5	14,7	7,6	5,7	11,73	18,9 2. 8.
31. 7.	2. 8.	11. 9.	4. 10.	1. 11.	15. 12.		
13,48	14,29	11,00	8,57	0,83	-0,90	6,16	minim. -3,92 maxim. 14,29

ňová jedle měla celkem objem 1,209 m³ a hmotnost svěží biomasy 997,9 kg, z toho na nadzemní část připadalo 829,2 kg a na kořeny 168,7 kg. U adultního modřínu činil celkový objem 7,836 m³ a biomasa ve svěžím stavu celkem 5334,9 kg, z čehož na nadzemní část připadalo 4013,5 kg a na kořeny 1321,4 kg.

Uvedené údaje představují výsledná data z rozsáhlých měření, která jsou předmětem samostatných monografických prací. Na tyto studie navázala dlouhodobá vědecká šetření ekologických stavů ve vztahu k proměnám různých struktur porostů a ve vztahu k bezlesí.

VÝSLEDKY ŠETŘENÍ EKOLOGICKÝCH FAKTORŮ V RŮZNÝCH POROSTNÍCH STRUKTURÁCH

Předmětem výzkumu bylo srovnávání hlavních bioklimatických faktorů na holině, ve středněvěké jedlové monokultuře a v adultním smíšeném porostu. Výsledky těchto šetření uvádějí tabulky I—XI a gra-

Sledované teploty ve °C		Teplota v měsíci					
		1.	2.	3.	4.	5.	6.
Průměrná	T 1	-4,39	-1,67	2,95	5,77	11,99	15,83
	T 2	-4,15	-1,81	1,97	4,85	10,92	15,06
	T 3	-3,75	-1,84	1,71	4,62	10,67	14,83
	T 4	-3,63	-1,79	1,45	4,58	10,55	14,75
Minimální dne	T 1	-15,2 7. 1.	-8,0 27. 2.	-4,5 1. 3.	0,0 9. 4.	1,8 7. 5.	10,0 18. 6.
	T 1	-15,0 7. 1.	-7,5 27,2	-4,5 1. 3.	0,0 9. 4.	2,5 7. 5.	10,5 18. 6.
	T 3	-14,5 7. 1.	-7,5 27. 2.	-4,5 1. 3.	0,2 9. 4.	3,0 7. 5.	10,7 18. 6.
	T 4	-14,5 7. 1.	-7,0 27. 2.	-4,5 1. 3.	0,3 9. 4.	3,2 7. 5.	10,2 19. 6.
Maximální dne	T 1	6,0 28. 1.	3,0 13. 2.	10,0 16. 3.	15,0 14. 4.	26,0 20. 5.	23,0 2. 6.
	T 2	6,2 28. 1.	0,8 14. 2.	7,0 16. 3.	9,5 14. 4.	18,5 20. 5.	19,5 2. 6.
	T 3	6,2 28. 1.	0,5 5. 2.	6,5 16. 3.	8,0 14. 4.	17,0 20. 5.	18,0 2. 6.
	T 4	6,5 28. 1.	0,5 5. 2.	5,2 16. 3.	7,5 14. 4.	16,0 20. 5.	18,0 2. 6.
Průměrná měsíční teplota stromu		-3,98	-1,78	2,02	4,96	11,03	15,12

fy 1—5. Uvedené výsledky nejsou však zdaleka konečné, poněvadž v podstatě zahrnují hodnoty dosavadních měření v letech 1974—1981.

Při posouzení tabulek I a III můžeme konstatovat, že průměrná teplota na holině byla o něco vyšší než v jedlové monokultuře a zejména, že maximální teplota zde byla o 2 °C vyšší, zatímco minimální se v podstatě ztotožňovala. Rosa byla v pětiletém průměru 19,71 mm na holině, zatímco v mladší monokultuře jedle činila jen 3,54 mm. Průměrná vlhkost vzduchu byla však vyšší v jedlové monokultuře, a to o 5 %. Průměrný přírůst letokruhů zkoumaných stromů v jedlové monokultuře činil za osm sledovaných let 1 mm ročně. Srovnatelné hodnoty opadu jehličí, listí a příměsí mezi mladou jedlovou monokulturou a smíšeným lesem ukazují, že byly v podstatě stejné a dosahovaly takřka 5 t na 1 ha a rok. Zajímavá je také otázka intercepce vodních srážek. Zatímco na povrch půdy v monokultuře jedle dopadlo jen 408 mm vody, ve smíšeném lese to bylo 504 mm. Z údajů tabulky IV je patrné, že největší přírůst letokruhů za osmileté období měly v průměru předrůstavé jedle v hod-

Teplota v měsíci						Roční průměr	Poznámka	
7.	8.	9.	10.	11.	12.			
13,14	14,55	11,58	6,96	2,72	2,28	6,81	minim. —4,39	
							maxim. 15,83	
12,60	13,92	11,21	6,43	2,44	2,21	6,30	minim. —4,15	
							maxim. 15,06	
12,50	13,85	11,10	6,31	2,18	2,20	6,20	minim. —3,75	
							maxim. 14,83	
12,43	13,80	11,07	6,26	1,89	1,88	6,10	minim. —3,63	
							maxim. 14,75	
9,0	6,5	4,7	0,5	—2,8	—4,0	—0,17	abs. minim.:	
11. 7.	26. 8.	17. 9.	27. 10.	26. 11.	14. 12.		—15,2	7. 1.
9,0	6,8	5,5	0,0	—2,3	—3,2	0,15	—15,0	4. 1.
11. 7.	26. 8.	17. 9.	27. 10.	26. 11.	14. 12.			
9,5	7,0	5,0	0,2	—1,5	—2,0	0,47	—14,5	7. 1.
11. 7.	26. 8.	17. 9.	27. 10.	26. 11.	14. 12.			
10,0	7,0	5,0	0,3	—1,0	—1,4	0,63	—14,5	7. 1.
11. 7.	26. 8.	17. 9.	27. 10.	26. 11.	14. 12.			
18,8	20,3	19,0	16,0	8,2	10,2	14,63	abs. maxim.:	
20. 7.	16. 8.	19. 9.	16. 10.	29. 11.	7. 12.		26,0	20. 5.
17,0	19,0	16,0	13,8	8,0	9,6	12,08	19,5	2. 6.
20. 7.	24. 8.	3. 9.	16. 10.	29. 11.	7. 12.			
15,1	18,0	15,5	13,0	6,5	8,5	11,07	18,0	2. 6.
20. 7.	3. 8.	3. 9.	16. 10.	29. 11.	7. 12.			
14,5	18,0	15,0	12,8	5,7	6,2	10,58	18,0	2. 6.
20. 7.	3. 8.	3. 9.	16. 10.	29. 11.	7. 12.			
12,67	14,03	8,47	6,49	2,31	2,14	6,35	minim. —3,98	
							maxim. 15,12	

notě 2,28 mm, podstatně nižší přírůst letokruhů měly jedle úrovně 0,52 mm a nejnižší podúrovně jedle 0,45 mm, přičemž maximální hodnota byla dosažena v roce 1981, kdy úrovně jedle přirostla na poloměru 3,39 mm. Za pomoci speciální aparatury naší konstrukce jsme sledovali také přírůst jedle při rozdílném zatížení kmene na 10 mm² plochy v kg (tabulka V). Ze získaných výsledků plyne, že se vzrůstem zatížení klesal přírůst v mezní hodnotě až o celou polovinu. To se projevilo ve všech měřeních v letech 1977—1981.

Dále je zajímavé sledovat rozdíl srážek dopadajících na půdu na holině v jedlové monokultuře a smíšeném lese (tabulka VIa). Za osm roků šetření spadlo průměrně ročně na holinu 625,5 mm, tj. 100 % srážek, a na půdu jedlové monokultury 407,8 mm, takže koruny jedlí zadržely skoro 35 % srážek. Ve smíšeném lese dopadlo až na půdu 503,6 mm srážek, takže porost zadržel necelých 20 % srážkové vody. Znamená to, že největší intercepce vodních srážek je v jedlové monokultuře.

Sledované teploty ve °C		Teplota v měsíci					
		1.	2.	3.	4.	5.	6.
Průměrná	T 1	−4,97	0,06	1,63	4,60	9,83	13,74
	T 2	−4,80	0,10	1,09	3,90	8,72	12,94
	T 3	−4,37	0,12	0,84	3,58	8,49	12,73
	T 4	−3,85	0,14	0,95	3,24	8,47	12,59
Minimální dne	T 1	−12,5	−6,0	−6,5	−1,0	2,0	10,0
		12. 1.	26. 2.	5. 3.	5. 4.	5. 5.	26. 6.
	T 2	−12,5	−6,0	−6,5	−0,7	2,0	9,0
		12. 1.	26. 2.	5. 3.	5. 4.	5. 5.	26. 6.
	T 3	−12,0	−5,5	−5,7	−0,2	2,0	9,0
		12. 1.	26. 2.	5. 3.	5. 3.	5. 5.	26,6.
	T 4	−11,0	−4,3	−5,2	0,2	2,0	9,0
		12. 1.	26. 2.	5. 3.	6. 4.	5. 5.	26. 6.
Maximální dne	T 1	1,0	5,0	9,0	16,0	18,3	23,0
		25. 1.	28. 2.	16. 3.	16. 4.	27. 5.	14. 6.
	T 2	0,8	5,8	8,5	14,6	14,9	17,0
		25. 1.	28. 2.	16. 3.	17. 4.	27. 5.	14. 6.
	T 3	0,5	4,5	7,0	13,8	13,5	16,0
		25. 1.	28. 2.	16. 3.	17. 4.	27. 5.	14. 6.
	T 4	0,2	4,0	6,0	11,8	12,5	15,3
		25. 1.	28. 2.	16. 3.	17. 4.	27. 5.	14. 6.
Průměrná měsíční teplota stromu		−4,50	0,10	1,13	3,83	8,88	13,00

Ve smíšeném lese jsme pomocí lyzimetrů zkoumali však srážkové vody v hlavních půdních horizontech (tabulka VIb). Největší množství vody zadržel první povrchový horizont v hodnotě 37 %. Do posledního čtvrtého půdního horizontu proniklo necelých 10 % srážek a vytvořilo zásobu podzemní vody. Ve čtyřletém průměru to činilo ročně 66 mm. V tabulkách VII—XI uvádíme měření tepelných hodnot v kmeni jedle *Abies alba* pomocí naší speciální termistorové aparatury. Za čtyřleté období let 1978—1981 činila průměrná roční teplota v kmeni 60leté jedle 6,3 °C a byla tedy nižší než průměrná teplota v jedlové monokultuře, která dosáhla hodnoty 7,2 °C. Průměrná minimální teplota v jedlovém kmeni byla za toto období 0,2 °C a maximální 12,6 °C. Když to opět srovnáme s minimální a maximální teplotou porostu, vidíme, že kmen jedle tyto teploty podstatně moderuje, protože nejnižší teplota v porostu byla v průměru -14,7 °C a maximální teplota +27,5 °C. Obdobně je tomu s absolutním minimem a maximem. Zatímco absolutní minimum v porostu bylo -19 °C, v kmeni byla tato hodnota -15,2 °C.

Teplota v měsíci						Roční průměr	Poznámka
7.	8.	9.	10.	11.	12.		
14,37	14,82	12,34	7,41	0,75	-1,35	6,10	minim. -4,97 maxim. 14,82
13,52	14,43	11,69	7,17	0,55	-1,13	5,68	minim. -4,80 maxim. 14,43
13,33	14,28	11,49	7,01	0,64	-1,01	5,59	minim. -4,37 maxim. 17,28
13,19	14,13	11,23	6,52	0,20	-1,04	5,48	minim. -3,85 maxim. 14,13
9,9	8,0	6,0	1,2	-5,5	-9,9	-0,36	abs. minim.: -12,5 12. 1.
14. 7.	26. 8.	17. 9.	21. 10.	11. 11.	18. 12.		
10,1	8,3	7,5	2,8	-5,1	-9,8	-0,08	-12,5 12. 1.
14. 7.	26. 8.	26. 9.	21. 10.	11. 11.	18. 12.		
10,5	8,6	7,2	3,7	-4,8	-9,0	0,32	-12,0 12. 1.
14. 7.	26. 8.	26. 9.	21. 10.	11. 11.	18. 12.		
10,0	8,9	7,5	3,5	-4,5	-8,0	0,68	-11,0 12. 1.
14. 7.	26. 8.	26. 9.	22. 10.	11. 11.	18. 12.		
20,2	22,5	18,7	14,0	11,0	7,0	13,81	abs. maxim. 23,0 14. 6.
26. 7.	3. 8.	5. 9.	18. 10.	17. 11.	25. 12.		
17,2	19,7	15,5	11,0	10,9	6,5	11,70	19,7 5. 18.
16. 7.	5. 8.	5. 9.	18. 10.	17. 11.	25. 12.		
17,0	18,8	15,0	10,5	9,8	5,8	11,02	18,8 5. 8.
26. 7.	5. 8.	7. 9.	18. 10.	24. 11.	25. 12.		
16,2	18,2	14,0	10,0	9,0	4,5	10,14	18,2 5. 8.
26. 7.	5. 8.	7. 9.	18. 10.	24. 11.	25. 12.		
13,60	14,42	11,69	7,03	0,54	-1,13	5,71	minim. -4,50 maxim. 14,42

Nejvyšší teplota v porostu za období 1978—1981 byla 28,5 °C a v kmeni 26,0 °C. Přitom nejvyšší teploty jsou na povrchu kmene a nejmenší v jeho středu.

Uvedené údaje nejsou samozřejmě vyčerpávající a kompletní a délka jejich sledování není ještě dostatečná. Nicméně však ukazují na zajímavé vztahy nebo alespoň proporce mezi faktory bioklimatu, resp. ekologickými faktory a růstem porostu. Proto bude také v těchto šetřeních pokračováno a získané údaje budou statisticky zpracovávány.

ZÁVĚR

V rámci projektu 84 Člověk a biosféra UNESCO se řeší dlouhodobě problém vztahu antropické činnosti na populace lesních dřevin v temperátní zóně. Děje se tak na objektu smíšených porostů s převahou jehličnanů v oblasti chlumních lesů Školního lesního podniku v Brně,

Sledované teploty ve °C		Teplota v měsíci					
		1.	2.	3.	4.	5.	6.
Průměrná	T 1	−3,66	−1,12	5,47	6,29	12,76	15,77
	T 2	−3,50	−1,53	5,13	5,93	12,15	15,16
	T 3	−3,13	−1,44	4,68	6,12	11,74	14,99
	T 4	−3,00	−1,34	4,37	5,87	11,36	14,79
Minimální dne	T 1	−14,0	−9,0	−3,8	−1,8	3,0	10,0
		9. 1.	28. 2.	1. 3.	17. 4.	2. 5.	12. 6.
	T 2	−13,8	−7,8	−4,0	−0,8	3,0	10,0
		9. 1.	28. 2.	1. 3.	17. 4.	2. 5.	12. 6.
	T 3	−13,5	−6,8	−3,4	1,9	3,0	10,5
		9. 1.	28. 2.	1. 3.	17. 4.	2. 5.	12. 6.
	T 4	−13,3	−6,5	−2,8	2,3	3,0	11,0
		9. 1.	28. 2.	1. 3.	6. 4.	2. 5.	12. 6.
Maximální dne	T 1	3,0	6,0	16,5	18,5	20,3	24,3
		4. 1.					
	T 2	2,9	5,8	14,8	17,0	19,0	22,0
		4. 1.	9. 2.	26. 3.	13. 4.	27. 5.	4. 6.
	T 3	2,5	5,8	13,7	16,5	18,0	21,0
		4. 1.	9. 2.	26. 3.	13. 4.	27. 5.	4. 6.
	T 4	2,0	5,1	13,1	16,1	18,0	20,0
		4. 1.	9. 2.	26. 3.	13. 4.	27. 5.	4. 6.
Průměrná měsíční teplota stromu		−3,32	−1,36	4,91	6,05	12,00	15,18

polesí Olomučany. Lesy této oblasti jsou velmi produktivní, rezistentní a vitální. V dlouholetém výzkumu se zde řešila otázka odolnosti a produkce populací lesních dřevin při rozdílné fytotechnice, zejména při srovnání pozitivního a negativního výběru v komparaci s kontrolou. Dále byla řešena problematika kvantifikace biomasy u juvenilních a adultních porostů populací jedlí a modřínu. Na uvedených mezinárodních výzkumných plochách se sleduje také vliv ekologických, zejména bioklimatických faktorů na různou strukturu porostů ve srovnání s bezlesím.

Dosavadní výsledky ukázaly, že v kvantitativních faktorech je vyšších průměrných biometrických hodnot dosahováno při negativním výběru pod úrovní porostu, kdežto vyšších kvalitativních faktorů při pozitivním výběru v úrovni porostu. Studium biomasy (dendromasy) ukázalo, jaké rezervy jsou ještě zejména v biomase nehroubí lesních dřevin a dále jaké řádové rozdíly existují mezi předrůstavými, úrovňovými a podúrovňovými kategoriemi stromů.

Teplota v měsíci						Roční průměr	Poznámka
7.	8.	9.	10.	11.	12.		
15,06	15,69	13,09	7,41	2,47	-2,43	7,23	minim. -3,66 maxim. 15,77
14,88	15,17	12,47	7,03	2,40	-2,02	6,94	minim. -3,50 maxim. 15,17
14,95	14,67	12,63	6,70	2,25	-1,55	6,89	minim. -3,13 maxim. 14,99
14,86	14,45	11,91	6,49	2,12	-1,33	6,71	minim. -3,00 maxim. 14,86
10,2	7,8	7,0	-1,0	-2,5	-14,0	-0,68	abs. minim.: -14,0 9. 1. 11. 12.
21. 7.	26. 8.	23. 9.	24. 10.	11. 11.	11. 12.		
10,4	8,3	6,5	-0,6	-2,1	-12,0	-0,24	-13,8 9. 1.
6. 7.	26. 8.	23. 9.	24. 10.	11. 11.	11. 12.		
10,7	9,5	6,5	0,9	-1,0	-10,5	0,65	-13,5 9. 1.
27. 7.	26. 8.	23. 9.	24. 10.	11. 11.	11. 12.		
11,0	9,7	6,5	1,3	-0,3	-8,5	1,12	-13,3 9. 1.
27. 7.	24. 8.	23. 9.	24. 10.	11. 11.	11. 12.		
23,5	26,0	22,0	14,0	12,0	3,0	15,76	abs. maxim. 26,0 8. 8.
20,0	23,0	18,7	13,5	11,8	2,7	14,27	23,0 8. 8.
12. 7.	8. 8.	8. 9.	6. 10.	2. 11.	31. 12.		
19,0	21,5	17,5	12,8	9,5	1,5	13,28	21,5 8. 8.
12. 7.	8. 8.	8. 9.	21. 10.	2. 11.	31. 12.		
18,0	20,5	17,0	12,5	9,3	1,0	12,72	20,5 8. 8.
12. 7.	8. 8.	9. 9.	21. 10.	23. 11.	31. 12.		
14,94	15,00	12,53	6,91	2,31	-1,83	6,94	minim. -3,32 maxim. 15,18

Dlouhodobé zkoumání bioklimatických a ekologických faktorů ukázalo, že největší intercepce srážek, až 35 %, je v mladé jedlové monokultuře, zatímco ve starém smíšeném lese je pouze 20 %. Dále se ukázalo, že les a strom působí jako moderátor extrémních hodnot, zejména tepelných.

Došlo dne 13. 1. 1983

Legenda

- A — průměrná teplota roku °C
 B — absolut. minimum roku °C
 C — absolut. maximum roku °C
 D — počet dnů s průměr. teplotou $t \geq 10^\circ\text{C}$
 E — počet mraz. dnů s prům. teplotou $t \leq 9^\circ\text{C}$
 F — srážky za rok mm F1 porost 89 — holina
 F2 porost 108 — jedlová monokultura
 F3 porost 108 — stok po kmeni
 F4 porost 108 bez stoku po kmeni

- G — počet dnů se srážkami
 H — rosa mm
 I — průměrná vlhkost vzduchu %
 J — průměrný barometrický tlak v mm Hg
 K — převládající směr větru %
 L — délka slunečního svitu v hodinách
 M — počet jasných dnů
 N — počet polojasných dnů
 O — počet zamračených dnů
 P — průměr. přírůsty u sledovaných stromů I. kategorie mm/r
 Q — průměr. přírůsty u sledovaných stromů II. kategorie mm/r
 R — průměr. přírůsty u sledovaných stromů III. kategorie mm/r
 S — suma průměrných přírůstů I., II., III. kategorie mm/r
 T — opady — plochy: I, II, III, IV, IX, X, XI, XII, XIII, XIV, XV, XVI, XVII, XVIII, XIX t/ha/rok
 U — opady — plochy: I—X t/ha/rok
 V — srážky za rok mm — smíšený les
 X — vsak — horizont X₁ — H 1
 X₂ — H 2
 X₃ — H 3 mm
 X₄ — H 4

Literatura

- BURGER, H.: Holz, Blattmenge u. Zuwachs der Tanne. Mitt. d. schw. Anst. f. forst. Verw., 27, 1951
 DANNECKER, K.: Aus der hohen Schule des Weisstannewaldes. Frankfurt a. M., 1955
 DOSTÁL, R.: O celistvosti rostlin. SZN Praha, 1959
 GUINIER, P.: Le sapin et l'épicéa. Revue de bois 5 1950 (5), IBP-Program Statement of the Subcommittee on Production Processes. US Nat. Com. for the IBP, 1967
 International Biological Programme. Review 1969
 International Council of Scientific Unions, SCIBP. London, 1969, s. 48
 IUFRO biomass studies. Working Party on the Mensuration of Forest Biomass. Meetings of S4.01 in Nancy, France, June 1973 and in Vancouver, B. C. Canada, August 1973
 MAB — Programme on Man and the Biosphere. MAB Information System. Unesco. Compilation 4, July 1979
 METREVELI, P. A.: O rubkach v temnochvojnyh lesach Gruzinskoj SSR. Les. žurnal, 1959
 MOLČANOV, A. A. — SMIRNOV, V. V.: Metodika izučeniya prirosta drevěsnyh rastěnij. AN SSSR, Moskva, 1967
 SANANTONIC, D. a kol.: Root biomass studies in forest ecosystems. Pedobiologia 17, s. 1-31, 1977
 UNESCO Information System, Programme on Man and the Biosphere (MAB). 1979, 241 s. Paris
 VINCENT, G.: Genetic conditions for the improvement of forest stands. In: VYSKOT, M. a kol.: How to Increase Forest Productivity. SZN Praha, 1968, s. 67-116
 VYSKOT, M.: Method of foundation and evaluation of thinning sample plots. Acta univ. agric. (Brno), ser. C, 35, 1966 (1), s. 25-58
 VYSKOT, M.: Aerial biomass of silver fir (Abies alba Mill.). Acta univ. agric. (Brno), ser. C, 4, 1972 (3-4), s. 243-294
 VYSKOT, M.: Analýza vývoje mladší populace Abies alba Mill. ve skupině typů Fagetum quercino-abietinum pod vlivem různé fyto techniky. Lesnictví 19, 1973 (4), s. 289-321

VYSKOT, M.: Biomasa a produkce v lesních ekosystémech. Lesnictví 19, 1973 (7), s. 641-660

VYSKOT, M.: Root biomass of silver fir (*Abies alba* Mill.). Acta univ. agric. (Brno), ser. C, 42, 1973, (3-4), s. 215-261

VYSKOT, M.: Spruce in biomass. International Symposium "Stability of spruce forest ecosystems", theses of papers, 1979, Brno, s. 40-41

VYSKOT, M.: Balance biomasy hlavních lesních dřevin. Lesnictví 26, 1980 (10), s. 849-882

VYSKOT, M.: *Larix decidua* Mill. in biomass. Academia, 1982 Praha

YOUNG, H. E.: A summary and analysis of weight table studies. Working Party of the Mensuration of the Forest Biomass S4.01 XVIth Congress Oslo, Norway June 20-25, s. 1-29, 1976

ВЫСКОТ, М. (Lesnická fakulta VŠZ, Brno). Некоторые экологические факторы, действующие в разных формах леса. Lesnictví, 29, 1983 (6) : 513-536.

В рамках проекта 84 Человек и биосфера ЮНЕСКО долговременно решается проблема влияния деятельности человека на популяции лесных древесных пород в умеренной зоне. Исследования производятся на объекте смешанных насаждений с преобладанием хвойных пород в области холмистых лесов учебного лесхоза в Брно, лесничество Оломучаны. Леса этой области очень продуктивны, устойчивы и жизнеспособны. В рамках долголетнего научного исследования здесь решался вопрос устойчивости и продукции популяций лесных древесных пород при различной фитотехнике, особенно при сравнении положительного и отрицательного отбора в сопоставлении с контролем. Затем решалась проблематика квантификации биомассы у молодых и взрослых насаждений популяций пихты и лиственницы. На приведенных международных исследовательских площадях изучается также влияние экологических, в особенности же биоклиматических факторов на разную структуру насаждений по сравнению с безлесием.

Полученные до сих пор результаты показали, что у количественных факторов лучшие средние биометрические значения достигаются при отрицательном отборе ниже уровня насаждения, тогда как лучшие факторы качества при положительном верховом отборе. Изучение биомассы (лендромассы) показало, какие резервы имеются особенно еще в биомассе мелкой древесины лесных древесных пород, а также какие порядковые различия существуют между господствующими, согосподствующими и подчиненными категориями деревьев.

Многолетние исследования биоклиматических и экологических факторов показали, что наибольшая интерцепция осадков, до 35 %, бывает в молодой пихтовой монокультуре, тогда как в старом смешанном лесонасаждении оно составляет всего лишь 20 %. Далее установлено, что лес и дерево действуют в качестве модератора экстремальных величин, особенно температурных.

экология лесная; лесоводство; биомасса

VYSKOT, M. (Lesnická fakulta VŠZ, Brno). *Ecological Factors as Influencing Different Forms of the Forest*. Lesnictví, 29, 1983 (6) : 513-536.

An influence of anthropic activities on the populations of forest tree species in the temperate zone has been studied as a long-term project no. 84 of the inter-governmental UNESCO program Man & Biosphere. The study is conducted at a site with mixed stands (prevailing coniferous) located in the region of deciduous forests of the Training Forest Establishment at Brno, Olomučany forest district. The forests in this region are highly productive, resistant and vital. Research has been conducted for many years to study the hardness and productivity of the populations of forest tree species if different phytotechniques are applied, mainly positive and negative selections are compared and confronted with the control. Biomass of juvenile and adult stands of fir and larch populations has been quantified. The influence of ecological, especially bioclimatic factors is studied as exerted on the diversified structure of forests in comparison with the non-afforested area.

The results indicate that higher average biometrical values (as concerns quantitative factors) are obtained by low negative selection while better qualitative factors are reached by high positive selection. The study of biomass (dendromass)

revealed the reserves in the biomass of "non-derbholz" of forest tree species, and the order differences between the categories of dominant, codominant and over-topped trees.

It has been found by a long-term observation of bioclimatic and ecological factors that the highest rainfall interception (up to 35 %) is in a young fir monoculture while it makes only 20 % in an old mixed forest. It has also been demonstrated that the forest and the tree act as moderators of extreme, especially thermal, values.

forest ecology; silviculture; biomass

Adresa autora:

Člen korespondent ČSAV prof. Dr. Ing. Miroslav V y s k o t, DrSc., lesnická fakulta VŠZ, Lesnická 37, 662 66 Brno

VLIV HOSPODAŘENÍ V LESÍCH NA CHEMICKÉ SLOŽENÍ VODY ODTÉKAJÍCÍ DO VODNÍCH ZDROJŮ

V. Lochman, A. Lettl, O. Langkramer

LOCHMAN, V. — LETTL, A. — LANGKRAMER, O. (Výzkumný ústav lesního hospodářství a myslivosti, Jíloviště - Strnady). *Vliv hospodaření v lesích na chemické složení vody odtékající do vodních zdrojů*. Lesnictví, 29, 1983 (6) : 537-550.

Na výzkumném objektu Želivka byl v letech 1973 až 1979 konán výzkum vlivu smrkových porostů na změny složení srážkové vody při jejím odtoku do vodních zdrojů. Dílčí výzkumné plochy byly založeny v dospělém a mladém porostu na clonné a holé seči. Současně bylo sledováno chemické složení vody odtékající ze zalesněného výzkumného povodí v Pekelském potoce a v prameni. Chemismus vody byl zjišťován i v potoce a prameni zemědělsky obhospodařovaných povodí. Výsledným efektem působení ekosystémů povodí, včetně zvětralinového pláště, na změny složení srážkových vod při odtoku do vodních zdrojů bylo snižování koncentrací NO_3^- , NH_4^+ a Zn. Oproti okapové vodě, jímáné pod porosty, obsahovala voda zdrojů méně C_{ox} , NO_3^- , F^- , SO_4^{2-} , PO_4^{3-} , NH_4^+ , K, Ca, Mn, Fe, Zn. Při bilancování množství srážek a množství odtékající vody se jeví smrkové ekosystémy v povodí Pekelského potoka jako „sink“ pro většinu sledovaných prvků a jsou ochuzovány pouze o Na, Cl⁻ a Mg. Ve vodách zdrojů zemědělsky obhospodařovaných povodí byly zjištěny podstatně vyšší koncentrace NO_3^- , Cl⁻ a zřetelně vyšší koncentrace Mg, Ca a K, ve srážkově bohatých letech i NH_4^+ .

ekologie lesnická; hydrologie lesnická; smrkové ekosystémy

Na výzkumném objektu Želivka probíhá komplexní výzkum vlivu smrkových ekosystémů a v nich konaných hospodářských zásahů na vodohospodářské a ekologické působení lesů. Ná vaznost mikroklimatických a pedologických výzkumů na registraci tvorby biomasy poskytuje i podklady pro optimalizaci ekologických podmínek růstu lesa. Práce jsou soustředěny do převážně zalesněného povodí Pekelského potoka s převládajícím smrkem a jsou zařazeny do mezivládního programu UNESCO MAB. Experimentální povodí navazuje na vodní nádrž Želivku, jež je důležitým zdrojem pitné vody pro Prahu. V této práci jsou uvedeny výsledky výzkumu dynamiky biogenních prvků ve spojení s pohybem vody pod smrkovými porosty různých taxačních veličin, ovlivněných hospodářskými zásahy na dílčích výzkumných plochách, které byly konány v letech 1971 a 1972. Od roku 1974 je v povodí Pekelského potoka uskutečňována hydrologická kalibrace. Pro porovnání působení ekosystému smrkového lesa a zemědělských plodin na kultivované a hnojené půdě byla také sledována kvalita vody v zemědělských povodích.

Vliv lesních ekosystémů na složení vody v jejím koloběhu je studován za účelem zhodnocení působení lesních porostů a změn vyvolaných hospodařením na obohacování nebo ochuzování těchto ekosystémů. S těmito procesy souvisí i působení lesů na složení vody odtékající do vodních zdrojů. V současné době se při globálním znečištění ovzduší zvyšuje význam vlivu lesních porostů na zachycování imisních látek, jež působí obohacování lesních ekosystémů (zejména půdní části) a odlučování látek významných z hygienického hlediska. Vyhodnocení výsledků je podkladem pro prognózy vývoje produktivnosti lesních půd a vodohospodářského působení lesních ploch.

Nejčastěji je studováno působení nadzemních částí porostů na zachycování imisních látek z ovzduší, spojené s obohacováním okapové a stokové vody. Bylo zjištěno, že listnaté lesy Severní Ameriky zvyšovaly pH okapové vody a koncentrace rozpuštěných kationtů (Eaton 1973, Hoffman a kol., 1980, Likens a kol. 1977). V okapové vodě jehličnatého lesa vzrůstá koncentrace všech sledovaných látek (Germann 1976). Složení vody v bukovém a smrkovém ekosystému hodnotí Ulrich a kol. (1981). Na míru obohacování srážkové vody po průchodu korunami a na chemismus vody v půdě má vliv i druhové složení porostů (Učvatov 1979). Charakter lesních ekosystémů působí na složení odtékající vody ve zdrojích (Keller 1974, Likens a kol. 1977), rovněž i obnovní zásahy (Bernhardt 1974, Bormann a kol. 1968).

V ČSR probíhá dlouhodobý výzkum vlivu lesních ekosystémů a zemědělského obhospodařování půdy na složení odtékající vody na výzkumném povodí ÚÚG na Trnávce (Balek a kol. 1978; Pačes, Moldan 1981). Na výzkumném povodí Pekelského potoka je konán komplexní mikroklimatický a pedologický výzkum. Změny v korunovém zápoji způsobují výrazné změny v intercepci srážek v teplém (Krečmer, Fojt 1979) i v zimním období roku (Fojt, Krečmer 1980) a projevují se i ve vodním režimu půdy (Mráz 1980, 1981, 1982). Hospodářské zásahy změnilly tepelné a vlhkostní poměry v pokryvném humusu a při povrchu minerální půdy a ovlivnily intenzitu půdní biologické činnosti (Langkramer 1973, Langkramer, Lettl 1983) i výskyt mezoedafonu a makromycet (Mráz a kol. 1975). Důsledkem změn v půdní biologické činnosti je vývoj horizontu pokryvného humusu, jehož hmotnost se na sečích zmenšuje a mění se i chemismus a dynamika humusových látek (Lochman 1976, 1978).

Zachycování spadů v korunách, vodní bilance porostů na výzkumných plochách, nutriční nároky porostů a odlišná dekompozice materiálu organického horizontu jsou příčinou rozdílů v koncentracích i celkové dynamice hlavních biogenních prvků i mikroprvků. Dosud byly publikovány pouze předběžné výsledky výzkumu složení srážkové a půdní gravitační vody získané do roku 1975 (Lochman 1978). Hodnocení složení vody ve vodních zdrojích experimentálního povodí i zdrojů v povodích obhospodařovaných zemědělsky je v závěrečných zprávách (Langkramer a kol. 1977, Lochman a kol. 1980). Dále byly publikovány výsledky hodnocení vývoje pH a obsahu síranů ve srážkové vodě a ve sledovaných vodních zdrojích (Lochman a kol. 1981).

POPIS POVODÍ A DÍLČÍCH PLOCH

Území výzkumného objektu leží v polesí Zaháj, LZ Ledeč n. Sázavou. Zaujímá povodí Pekelského potoka, který je pravostranným přítokem vodní nádrže Želivky. Nadmořská výška povodí se pohybuje mezi 360 a 470 m. Z celkové výměry 119 ha zaujímají lesní půdy 117 ha a zbytek je orná půda.

Na převážné části povodí jsou zastoupeny středně bohaté a chudší typy jedlin s dubem. Smrk byl původně jen přimísen, ale dnes z 85 % převažuje. Zbytek tvoří borovice, jedle, buk a modřín. Vlastní dílčí výzkumné plochy jsou typické bikové jedliny (*Luzulo-Abietum typicum*). Většina porostů dosahuje středních věkových i bonitních stupňů. Pod smrkovými porosty se vytváří forma mörového moderu (Mráz a kol. 1975). Bohaté bylinné typy zaujímají menší plochu podél potoka a na sklonech v dolní části povodí.

Na převážné části povodí jsou poměrně hluboké hnědozemě, většinou ilimerizované, místy oglejené (Mráz 1973). V severní části jsou na šedých jílech vyvinuty pseudogleje. V severovýchodní části zasahují do povodí písčité a šterkovité půdy.

V podloží hlinitých půd je hluboce navětralá biotitická pararula. Ve východní části povodí je podloží překryto silně zahliněnými šterkopísky neogenního stáří. V severní, nejvyšší části povodí je pokryv jílu, jež místy přesahuje mocností 16 m a vytvářejí rozvodnici řek Sázy a Želivky (Zhodnocení ekologických prací 1972).

Hladina podzemní vody je rozložena v terciálních sedimentech a ve zvětralínovém plášti moldanubických hornin. Průběh volné hladiny podzemní vody je dynamicky rovnovážným stavem mezi periodickým napájením zvodnělého horizontu vsakováním atmosférických srážek a „trvalým odvodněním zvodnělého obzoru vodotečí“. (Zhodnocení hydrometeorologických prací 1972). Největší část vody odchází plynulým přítokem do potůčku. Dochází rovněž k soustředěnému odtoku podzemní vody prameny, zejména suťovými.

I. Množství srážek zachycených na stanici Myslivna Pekelsko. — Quantity of precipitation intercepted at the Myslivna Pekelsko station

Rok	1973	1974	1975	1976	1977	1978	1979
Sa mm	520,7	893,0	594,6	581,3	845,3	570,2	696,7

Povodí potoka protékajícího loukami u obce Kožlí je vytvářeno stejným geologickým podkladem jako povodí lesního potůčku, tj. biotitickými rulami. V zalesněné horní části povodí je podloží překryto terciálními šterkopísky.

Povodí pramene vyvěrajícího ve studánce u Brzotic má stejný geologický podklad jako ostatní (biotitické pararuly). Celé povodí zaujímá zemědělská orná půda.

V lesních porostech byly vybrány čtyři dílčí výzkumné plochy. Výzkumná plocha I je ve stejnorodém 80letém smrkovém porostu (věk k 1. 1. 1980) o zakmenění 0,9. Plocha II je v totéž porostu, v části s počtem kmenů větších dimenzí sníženým na zakmenění 0,5 (clonná

seč). Plocha III vznikla zmýcením stejného porostu (holá seč). Těžební zásahy byly vykonány v podzimních měsících roku 1971. Plocha IV je v 27letém smrkovém porostu (věk k 1. 1. 1980), zakmenění 1,0.

Pro odběry vody ze zdrojů byla zvolena tato odběrová místa: Profil A je situován na Pekelském potoce nad měrným přepadem a charakterizuje vodu odtékající z převážně zalesněného povodí. Profil B je na lučním potůčku u obce Kožlí, který odvádí vodu z povodí s lesními porosty, loukami a ornou půdou. Profil E je ve studánce u obce Brzotice, odvodňující zemědělsky obhospodařované povodí. Konečně profil F je pramen v povodí Pekelského potoka, vyvěrající na dně údolí a v jeho povodí je značná výměra zemědělské půdy.

METODIKA

Srážky byly zachycovány do koryt z novoduru o rozměrech 10 X 200 cm, v zimě do sněhoměrů z téhož materiálu. Půdní gravitační voda byla jímána do lyžimetrů z novoduru typu Šilovové umístěných pod pokryvným humusem a v půdním profilu v hloubce cca 35 a 100 cm (pod horizontem A a B).

V laboratoři byly analyzovány vzorky ze sumárních měsíčních odběrů, v bezdeštivých periodách nebo v zimních obdobích, kdy během měsíce nenateklo dostatečné množství vody, byly intervaly odběrů závislé na získání potřebného množství vody. Vzorky vody z povrchových vodních zdrojů byly také odebírány zhruba v měsíčních intervalech nebo při charakteristických odtokových poměrech. Voda byla shromažďována, transportována a uchovávána v nádobách z PE.

Koncentrace vodíkových iontů (pH) byla stanovena skleněnou elektrodou, NO_3^- a NH_4^+ kolorimetricky (Hoffman a kol. 1965), obsah C_{ox} mokřím spalováním, PO_4^{3-} kolorimetricky s kyselinou molybdenсіrovou, F^- a Cl^- selektivními elektrodami Crytur, SO_4^{2-} gravimetricky a kationty na atomovém absorpčním spektrofotokolorimetru Varian-Techtron.

VÝSLEDKY A DISKUSE

PŮSOBNÍ KORUN SMRKOVÝCH POROSTŮ NA SLOŽENÍ OKAPOVÉ VODY

Kromě expozice porostů a klimatických faktorů se na obohacování okapové vody velmi významně podílí velikost a hustota korun. Vliv korunového zápoje se projevuje v intercepčním působení a redukci srážek (tabulka II). Rozdíly mezi našimi a citovanými údaji (Krečmer, Fojt 1979) lze vysvětlit tím, že údaje zmíněných autorů jsou pouze

II. Vliv horizontálního zápoje na intercepci srážek. — The influence of horizontal canopy on precipitation interception

Porost	Horizontální zápoj	Celoroční intercepce 1973–1979 (%)	Intercepce (%) v teplém období duben – říjen ^{*)}
I	0,90	44	34,4
II	0,72	21	25,8
IV	1,00	37	44,0

^{*)} Krečmer, Fojt 1979.

z teplého období roku bez sněhových srážek, které jsou v dospělých porostech více zachycovány. Redukce srážek korunami smrku v chladném období (listopad — březen) byla zjišťována pouze v porostu I. Dosahovala v období 1976—1980 v průměru 46,5 % a u tuhých srážek jen 56,5 % (F o j t, K r e č m e r 1980).

Podle údajů v tabulce III byly zjištěny nejvyšší průměrné koncentrace většiny sledovaných látek v okapové vodě pod dospělým smrkovým porostem (porost I). Výjimku činily PO_4^{3-} a Mn, jejichž koncentrace byly nejvyšší v okapové vodě mladého porostu (IV). Porost s redukovaným zakmeněním (II) obohacoval okapovou vodu více než mladý porost o NH_4^+ , Na, Ca, Zn, NO_3^- , F^- , Cl^- , SO_4^{2-} , tedy o biogenní prvky, které přicházejí ve spadech z ovzduší. V porostu IV byla naopak vyšší koncentrace organických látek (C_{ox}), K, Mg, Fe, což odpovídá i poměrům v redukci srážek.

Látky, které byly v okapové vodě porostu II obsaženy ve větším množství než ve vodě zachycované v mladém porostu, jsou svým zvýšeným výskytem typické pro ovzduší znečištěné průmyslovými imisemi. Platí to především o sloučeninách N, S a F, dále i Ca a Zn (L o c h m a n a kol. 1980, U l r i c h a kol. 1981). Mn a K jsou podle U l r i c h a a kol. (1981) v podstatné míře vymývány z jehličí.

Zvýšení koncentrací prvků v okapové vodě lze vysvětlit rozpouštěním spadů zachycovaných v korunách (L o c h m a n a kol. 1980a, U l r i c h a kol. 1981). Můžeme tedy říci, že sledované lesní ekosystémy působí jako „sink“ pro tyto látky. U organického uhlíku (C_{ox}) nelze určit jeho původ. Může jít o zachycené uhlovodíky (aerosoly, prach) nebo o rozpuštěné exsudáty živých částí korun a epifytní mikroflóry, popř. výluhy odumřelých částí organismů. Rovněž PO_4^{3-} nejsou typické imisní látky ze spalování paliv. Jejich původ v oblasti výzkumného objektu lze spatřovat ve vzdušné erozi hnojených zemědělských půd.

PŮSOBENÍ POKRYVNÉHO HUMUSU A MINERÁLNÍCH PŮDNÍCH HORIZONTŮ

Změny koncentrací látek v gravitační vodě jsou uvedeny v průměrných hodnotách v tabulce III. V zapojeném smrkovém porostu (plocha I) probíhá v pokryvném humusu obohacování gravitační vody o všechny sledované látky s výjimkou Zn. U NH_4^+ , Na, Al, F^- a SO_4^{2-} byly změny velmi malé.

Na holé seči (III) působí pokryvný humus nejintenzivnější zvyšování koncentrací iontů v perkolující gravitační vodě, a to zejména v období po zmýcení porostu (L o c h m a n 1978). Voda byla silně obohacována barevnými humusovými látkami (L o c h m a n 1976), stoupala koncentrace NH_4^+ i NO_3^- . Dlouhodobě se projevuje značné zvýšení koncentrací u K, Ca, Mg, Mn, Cl^- , menší u Al, F^- a SO_4^{2-} . Počáteční vysoký nárůst koncentrací PO_4^{3-} na nově vzniklé holé seči během dalších let poklesl (L o c h m a n a kol. 1980).

V porostu s clonnou sečí (II) probíhají vyluhovací procesy v menší míře než na holé seči. Zřetelné zvýšení koncentrací se projevilo u C_{ox} , Mg, Mn, Fe a F^- . Naopak bylinné patro (převážně *Deschampsia flexuosa*) a hustý porost mechového patra působí snižování koncentrací rozpuštěných NO_3^- a NH_4^+ . Rozdíly mezi koncentracemi dalších iontů

III. Průměrná koncentrace iontů ve vodě při jejím průchodu ekosystémy smrkového lesa za období 1973—1979. — Average concentration of ions in water circulating in the ecosystems of spruce forests in the years 1973—1979

Plocha	Odběrové místo	C _{ox}	Cl ⁻ *)	F ⁻	NO ₃ ⁻	SO ₄ ²⁻	PO ₄ ³⁻	NH ₄ ⁺	Na mg.l ⁻¹	K	Mg	Ca	Zn	Mn	Fe	Al
I	okapová voda	38,94	1,82	0,26	7,78	53,86	0,24	3,16	0,99	7,43	1,35	14,34	0,37	1,12	0,21	0,93
	gravitační voda Ao	87,5	3,46	0,23	10,83	53,39	0,82	3,24	1,07	10,67	2,17	18,90	0,17	2,80	0,49	0,99
	A — 35 cm	26,9	3,17	0,04	2,06	36,93	0,32	0,94	1,35	2,59	3,89	10,47	0,12	0,53	0,05	0,56
	B — 100 cm	16,9	5,72	0,02	0,23	9,20	0,07	0,05	2,39	0,39	1,40	4,20	0,04	0,07	0,02	1,00
II	okapová voda	22,28	4,07	0,16	6,81	30,98	0,15	2,28	0,62	3,75	0,86	9,59	0,19	0,69	0,07	0,38
	gravitační voda Ao	68,30	1,42	0,30	3,26	26,30	0,17	1,94	0,67	3,44	1,34	9,70	0,13	1,55	0,37	0,49
	A — 35 cm	20,92	3,03	0,03	0,60	57,63	0,04	0,21	1,17	4,97	4,28	17,81	0,06	0,07	0,04	0,59
	B — 100 cm	20,44	2,31	0,02	2,06	46,12	0,10	0,06	2,61	4,52	2,40	18,20	0,03	0,03	0,03	0,69
III	srážková voda	13,16	1,31	0,03	3,05	6,39	0,07	1,01	0,30	0,29	0,30	3,60	0,090	0,04	0,03	0,46
	gravitační voda Ao	73,96	5,12	0,06	7,12	11,99	0,66	1,99	0,35	6,24	1,15	9,49	0,096	0,49	0,45	0,84
	A — 35 cm	21,93	2,46	0,02	8,51	27,90	0,13	0,21	0,95	1,93	3,53	10,74	0,080	0,07	0,08	0,43
	B — 100 cm	18,13	2,10	0,02	4,70	22,28	0,03	0,05	4,52	0,91	1,54	7,09	0,058	0,034	0,064	0,19
IV	okapová voda	25,38	1,72	0,10	4,47	28,18	0,63	1,95	0,45	5,31	0,88	7,90	0,17	1,54	0,08	0,61
	gravitační voda Ao	29,60	2,73	0,13	7,02	32,17	0,96	2,05	0,57	9,15	1,51	12,96	0,13	3,12	0,26	0,67

*) Koncentrace Cl⁻ a Al byly zjišťovány pouze v letech 1978 a 1979.

v okapové a gravitační vodě jímané pod horizontem A₀ jsou relat. malé.

V mladém neprobraném porostu (IV) probíhaly změny v koncentracích jednotlivých biogenních látek ve stejném směru jako pod ostatními porosty: zvyšovaly se koncentrace většiny prvků. U NH₄⁺, Na, Zn, Al a F⁻ byly zjištěny relativně menší rozdíly.

V minerální půdě nastává v půdní vodě u většiny biogenních prvků snížení koncentrací. Rozdíly hodnot mezi odběry pod horizonty A₀ a B (v hloubce 100 cm) ukazují (tabulka III), že v minerální půdě narůstá pouze koncentrace Na (na všech plochách), Cl⁻ a Ca (plocha II). Pozoruhodné je, že již v horizontu A jsou na všech plochách z gravitační vody odlučovány NH₄⁺, Mn, F⁻, PO₄³⁻ a kovy, pod zapojeným porostem i NO₃⁻.

PŮSOBNÍ EKOSYSTÉMŮ NA CHEMISMUS VODY VE VODNÍCH ZDROJÍCH

Působení smrkových ekosystémů včetně zvětralinového pláště na chemismus vody při jejím průchodu těmito ekosystémy vyplývá ze srovnání údajů o složení srážek (tabulka III) a vody zdrojů (tabulka IV).

Průměrné roční hodnoty ukazují, že ve vodě lesního potůčku (profil A) je méně H⁺ (vyšší pH), NH₄⁺, NO₃⁻, Zn než ve srážkách na holé seči. V okapové vodě pod porosty byly vyšší koncentrace C_{ox}, K, Ca, Mn, Fe, F⁻, SO₄²⁻, PO₄³⁻. V tomto potůčku (A) jsou Na, Mg a Cl⁻ rozpuštěny v podstatně vyšší koncentraci než ve srážkové a okapové vodě.

Chemické složení vody v lesním prameni (profil F) se poněkud liší od vody v potoce (profil A). Pramen má nižší pH a zřetelně vyšší koncentrace NO₃⁻ a SO₄²⁻. Vysvětlení lze spatřovat ve větší trofnosti půd povodí pramene, bohatší přízemní vegetaci a vyšší propustnosti půdního profilu. Část tohoto povodí je také zemědělsky obhospodařována (orná půda).

Při porovnání složení vody zdrojů převážně zalesněných povodí (profily A a F) s povodím částečně zalesněným (profil B) a zemědělsky obhospodařovaným (profil E) se projevují rozdíly v koncentraci některých látek (tabulka V). Nelesní povodí produkují vodu s podstatně vyšším obsahem NO₃⁻ (rozdíl je řádový), přitom nejvyšších koncentrací NO₃⁻ dosahovala voda v povodí zcela zemědělsky obhospodařovaném (profil E). Voda ze zemědělských povodí (profily B a E) obsahovala také zřetelně vyšší koncentrace Mg, Ca, Cl⁻ a méně zřetelně i K. Ve srážkově bohatých letech stoupla ve vodě uvedených povodí i koncentrace NH₄⁺. V polním prameni (profil E) byly zjištěny i vyšší obsahy PO₄³⁻ a naopak nižší koncentrace Mn a Fe než v ostatních zdrojích. Na tomto povodí také nebyl zjištěn pokles pH v průběhu let 1973 až 1979 (Lochman a kol. 1981).

Uvedené rozdíly ve složení odtékající vody jsou zřejmě způsobeny hnojením a kultivací zemědělských půd (pH, K, Mg, Ca, NO₃⁻, Cl⁻, PO₄³⁻) a současně i zvýšeným povrchovým odtokem vody při srážkových přívalech nebo tání sněhové pokrývky (NH₄⁺, K, Cl⁻, PO₄³⁻). Transport Mn a Fe je spojen s pohybem humusových látek a okyselová-

IV. Průměrné koncentrace rozpuštěných prvků ve vodách vodních zdrojů — lesní potok A, lesní pramen F, luční potok B, polní pramen E v období let 1973—1979. — Average concentrations of elements dissolved in the water resources — forest brook A, forest spring F, meadow brook B, field spring E in the years 1973—1979

Prvek	Lesní potok A mg.l ⁻¹		Lesní pramen F mg.l ⁻¹		Luční potok B mg.l ⁻¹		Polní pramen E mg.l ⁻¹	
	roční průměry	celé období	roční průměry	celé období	roční průměry	celé období	roční průměry	celé období
pH	6,35 — 7,10		6,34 — 6,60		6,50 — 7,11		6,17 — 6,34	
C _{ox}	11,0 — 22,7	17,36	9,80 — 22,1	15,99	11,6 — 25,2	19,11	7,88 — 22,40	16,79
NO ₃ ⁻	0,84 — 1,20	0,97	3,02 — 5,13	3,80	19,73 — 30,36	24,63	30,44 — 49,64	41,24
F ⁻	0,035 — 0,084	0,067	0,021 — 0,081	0,047	0,032 — 0,086	0,054	0,026 — 0,061	0,041
Cl ⁻ *)	4,04 — 7,02	5,53	2,47 — 5,79	4,46	18,08 — 22,50	20,46	17,21 — 23,20	19,84
SO ₄ ²⁻	10,72 — 16,60	13,95	16,81 — 26,06	20,75	13,28 — 24,70	19,03	17,97 — 27,51	23,07
PO ₄ ³⁻	0,024 — 0,096	0,051	0,027 — 0,109	0,064	0,015 — 0,100	0,040	0,032 — 0,194	0,097
NH ₄ ⁺	0,01 — 0,07	0,043	0,01 — 0,09	0,034	0,002 — 0,236	0,104	0,001 — 0,123	0,030
Na	6,40 — 7,05	6,68	7,90 — 8,79	8,37	8,17 — 9,12	9,27	11,54 — 12,48	12,03
K	1,09 — 1,89	1,36	1,37 — 1,95	1,66	1,77 — 6,67	3,39	1,55 — 2,46	2,06
Mg	2,29 — 2,80	2,61	2,09 — 2,51	2,33	4,43 — 6,06	5,47	4,83 — 6,30	5,58
Ca	8,65 — 11,29	9,92	7,95 — 9,59	8,77	19,15 — 25,87	23,49	18,16 — 24,09	21,47
Zn	0,23 — 0,032	0,027	0,025 — 0,097	0,058	0,016 — 0,050	0,030	0,021 — 0,086	0,040
Mn	0,006 — 0,045	0,015	0,005 — 0,115	0,025	0,003 — 0,042	0,013	0,005 — 0,016	0,011
Fe	0,030 — 0,56	0,051	0,010 — 0,083	0,043	0,026 — 0,079	0,067	0,010 — 0,038	0,023

*) Cl⁻ za období 1977—1979

ním půd, a proto byly ve vodě odtékající z lesních půd zjištěny vyšší koncentrace těchto prvků.

Rozdíly v koncentracích prvků ve vodě potoků se zalesněným povodím a povodím se zemědělskou výrobou a sídlišti jsou potvrzeny i v povodí Trnávky u Pacova: v lesním potoce byly podstatně nižší koncentrace K, Na, Mg, Ca, N, S a Cl (Pačes, Moldan 1981). Ze zalesněného povodí byly vyluhovány jen Si a Na. Dusík je prvkem, kterého je v lesních ekosystémech poutáno hmotnostně nejvíce (Balek a kol. 1978).

CELKOVÁ BILANCE PRVKŮ

Pokud jde o celkovou bilanci prvků, nutno vzít v úvahu i poměr množství odtékající vody z povodí k množství vody ze srážek.

V období od listopadu 1974 do října 1979 spadlo na stanici Myslivena Pekelsko ročně průměrně 667,34 mm srážek. Podle zjištění doc. Krešla, CSc., a Ing. Herynka, CSc., z lesnické fakulty VŠZ Brno byl v tomto období průměrný vteřinový odtok $Q_d = 5,426 \text{ l. s}^{-1}$. V pře-

V. Spad prvků se srážkovou a okapovou vodou na dílčích výzkumných plochách a ztráta prvků odtokem vody z povodí na měrném přepadu. — Deposition of elements with rainfall and throughfall water on the research areas and loss of elements with water running off the watershed at the weir

Prvek	Spad prvků se srážkovou vodou I. 1975 až XII. 1979 $\text{mg. m}^{-2} \cdot \text{rok}^{-1}$	Spad prvků s okapovou vodou I. 1975 – XII. 1979 $\text{mg. m}^{-2} \cdot \text{rok}^{-1}$				Ztráta prvků ve vodě odté- kající z povodí na přepadu XI. 1974 až X. 1979 $\text{mg. m}^{-2} \cdot \text{rok}^{-1}$
	porost III	porost I	porost II	porost IV	potok A	
C_{ox}	8128	10 672	9 647	9 060	2581	
NO_3^-	1993	2 495	3 438	1 912	93,6	
F^-	22,4	89,2	77,0	40,8	9,20	
Cl^-	814	552	1 626	571	795	
SO_4^{2-}	3828	17 888	14 621	10 999	1973	
PO_4^{3-}	27,8	56,8	72,3	182	3,65	
NH_4^+	565	892	1 040	756	6,08	
Na	167	306	312	179	958	
K	177	2 266	1 860	2 045	174	
Mg	247	469	438	369	369	
Ca	2417	499	4 826	3 429	1416	
Zn	61,2	122	92,4	77,6	3,85	
Mn	22,6	389	354	613	1,18	
Fe	13,6	48,8	24,2	22,8	4,69	
$\text{N}/\text{NO}_3^- + \text{NH}_4^+$	888	1 256	1 583	1 018	25,85	

počtu na plochu povodí je průměrný roční odtok 143,79 mm, tj. 21,5 % sumy srážek volné plochy.

Uvažujeme-li intercepci srážek porosty v celoročním období v průměru 40 %, dosahuje odtok z povodí 35,9 % množství okapové vody. Potom je tedy zřejmé, že ekosystémy v povodí jsou ochuzovány pouze o Na, Cl⁻ a popř. o Mg (tabulka V).

Pozitivní bilance většiny biogenních látek je ovlivněna velkým množstvím spadů v důsledku znečištění ovzduší a vysokým podílem celkové evapotranspirace ve vodní bilanci lesních ekosystémů. Pro srovnání v relativně čistých oblastech Severní Ameriky s vysokými srážkami a vysokým podílem odtékající vody jsou lesní systémy ochuzovány o větší počet prvků. Je popsáno ochuzování ekosystému listnatého lesa Hubbard Brook Ekosystem o Na, K, Mg, Ca, Al, SO₄²⁻ (Likens a kol. 1977). Ze smrkového ekosystému v Sollingu je vynášeno v půdním profilu v hloubce 100 cm více Mn, Al, P než do tohoto porostu přichází se spady (Ulrich a kol. 1981). Výsledek bilance prvků na zalesněném povodí Pekelského potoka je zřejmě podstatně ovlivněn stupněm znečištění ovzduší, chemismem zvětralinového pláště a vodní bilancí porostů.

ZÁVĚRY

Při hodnocení vlivu smrkových ekosystémů na změny chemismu vody při průchodu porosty, půdou a zvětralinovým pláštěm do vodních zdrojů bylo zjišťováno působení korun na složení okapové vody a působení humusového horizontu a minerálního půdního profilu na složení gravitační vody. Složení srážek na holé seči v podstatě odpovídá složení srážkové vody, která přichází do korun stromů v porostech. Obohacování okapové vody je spojeno s intercepcí srážek a suchých spadů v korunách porostů. Přitom hraje důležitou roli i expozice porostů proudění vzduchu. Svědčí o tom velké zvýšení koncentrací prvků charakteristických pro ovzduší znečištěné imisními látkami v exponovaném porostu s clonnou sečí (II), který je situován v sousedství pruho-ové holé seče. Zvýšení Mn a K je v souladu s plochou korun a svědčí o vymývání těchto prvků z listových tkání.

Humusový horizont A₀ a přízemní vegetace na holé seči (III) obohacuje perkolující vodu o C_{ox}, NO₃⁻, Cl⁻, PO₄³⁻, NH₄⁺, Na, K, Mg, Ca, Zn, Mn, Fe a v menší míře o Al, F⁻ a SO₄²⁻. V pokryvném humusu pod zapojenými porosty (I a IV) probíhalo méně intenzivní zvyšování koncentrací prvků, zejména u F⁻, SO₄²⁻, NH₄⁺, Na, Al a u Zn se dokonce v porostu I snižovala. Humusový horizont s přízemní vegetací v porostu s clonnou sečí (II) působil na změny chemismu gravitační vody obdobně, avšak snižoval množství rozpuštěných NO₃⁻ a NH₄⁺.

V povrchovém horizontu minerální půdy (do 30 cm) byly z gravitační vody intenzivně odlučovány F⁻, PO₄³⁻, NH₄⁺, Mn i další kovy a barevné humusové látky, pod zapojeným porostem (I) i NO₃⁻. V půdě narůstala pouze koncentrace Na (na plochách I, II, III), Cl⁻ (plochy I, II), SO₄²⁻ a Mg (plochy II a III) a Ca (plocha II).

Z rozdílů koncentrací prvků ve srážkové vodě a vodě gravitační vyplývá závěr o působení celého ekosystému až do hloubky půdního

profilu 100 cm. Ekosystémy smrkových porostů snižují koncentrace NO_3^- , F^- , H , NH_4^+ , Zn . Ekosystém holé seče s paseční vegetací snižuje koncentrace PO_4^{3-} , H , NH_4^+ , Zn , Al a naopak je zvyšuje u C_{ox} , Cl^- , NO_3^- , SO_4^{2-} , Na , K , Mg , Ca , Fe .

Při odtoku vody z horizontu B (hloubka 100 cm) až do povrchových vodních zdrojů ji zvětralinový plášť obohacuje o Na , Mg , Ca , Cl^- a F^- . Výsledným efektem působení jednotlivých složek ekosystému smrkového lesa, včetně zvětralinového pláště, na složení srážkové vody při její cestě do potůčku a pramene je snižování koncentrací NO_3^- , H , NH_4^+ a Zn . Voda zdrojů obsahuje také nižší koncentrace C_{ox} , F^- , SO_4^{2-} , PO_4^{3-} , K , Ca , Mn , Fe a přirozeně i NO_3^- , NH_4^+ a Zn , než okapová voda pod porosty. Vzhledem ke skutečnosti, že převážné množství těchto prvků přichází do korun se spady (s výjimkou K a Mn), působí smrkové ekosystémy v objektu Želivka jako „sink“.

Při bilancování množství srážkové vody a vody odtékající z povodí lze konstatovat, že smrkové ekosystémy v povodí Pekelského potoka byly v hodnoceném období 1973–1979 ochuzovány o Cl^- , Na a v menší míře o Mg , ale obohacovány ostatními sledovanými prvky, zejména anorganickými formami N .

Chemické složení vody zdrojů v povodích se zemědělskými pozemky se liší řádově vyššími koncentracemi Cl^- a NO_3^- , podstatně vyššími koncentracemi Mg , Ca a méně zřetelně i K . Ve srážkově bohatých letech byly zjištěny ve vodě zemědělsky obhospodařovaných povodí i vyšší koncentrace NH_4^+ a PO_4^{3-} .

Uvedená zjištění mají podstatný význam pro posouzení vývoje lesních ekosystémů v podmínkách globálního znečištění ovzduší ČSR a pro hodnocení působení lesních ekosystémů při produkci disponibilní vody do zdrojů.

Došlo dne 13. 1. 1983

Literatura

- BALEK, J. — MOLDAN, B. — PAČES, T. — SKOŘEPA, J.: Hydrological and geochemical mass balance in small forested and agricultural basins. Proceedings of the Baden Symposium "Modelling the Water Quality of the Hydrological Cycle", September 1978, IAHS — AISH Publ. No. 125, 1978, s. 50–58
- BERNHARDT, H.: Die Bedeutung forstwirtschaftlich genutzten Flächen für den Schutz von Trinkwassertalsperren und Erhaltung der Qualität des gestauten Wassers. Trinkwassertalsperren und Forstwirtschaft, DVGW-Schriftenreihe, Wasser Nr. 1., s. 11–16, Frankfurt/M., 1974
- BORMANN, F. H. — LIKENS, G. E. — FISCHER, D. O. — PIERCE, R. S.: Nutrient loss accelerated by clear-cutting of forest ecosystems. Science 159, 1968, s. 882–884
- EATON, J. S. — LIKENS, G. E. — BORMANN, F. H.: Throughfall and stemflow in northern hardwood forest. J. Ecol. 61, 1973, s. 495–508
- FOJT, V.: Sněhové poměry ve smrkových porostech chlumní oblasti. Závěrečná zpráva etapového úkolu C 16-331-101-02/03, VÚLHM Jiloviště - Strnady 1980
- GERMANN, P.: Wasserhaushalt und Elektrolytverlagerung in einem mit Wald und einem mit Wiese bestockten Boden in ebener Lage. Mitteilungen 52, 1976, 3, s. 173–307
- HOFFMAN, W. A. — LINDBERG, S. E. — TURNER, R. R.: Precipitation acidity: the role of the forest canopy in acid exchange. J. Environ. Qual. 9, 1980, s. 95–100

- HOFMANN, P. — HAVRÁNEK, M. — ČUTA, J. — CHALUPA, J. — MADĚRA, V. — HAMÁČKOVÁ, J. — KOHOUT, M.: Jednotné metodiky chemického rozboru vod. SNTL, Praha 1965
- KELLER, H. M.: Die Qualität des Wassers aus Waldgebieten. Allg. Forstz. 29, 1974, s. 1074-1076
- KREČMER, V. — FOJT, V.: Intercepce smrčín. Etapová závěrečná zpráva úkolu C 16-331-101-02/01, VÚLHM Jíloviště - Strnady 1979
- LANGKRAMER, O.: Vliv pěstebně-technických zásahů na půdní mikrofloru smrkových porostů objektu Želivka. Věd. sdělení za etapový výzkumný úkol C 16-331-013-01/04, VÚLHM Jíloviště - Strnady 1975
- LANGKRAMER, O. — LETTL, A.: Vliv holoseče na mikrobiální poměry v půdě. Lesnictví, v tisku
- LANGKRAMER, O. — LOCHMAN, V. — LETTL, A.: Chemické složení a mikrobiologická kvalita vody ve vodotečích a pramenech zalesněného a zemědělsky obhospodařovaného povodí. Dílčí závěrečná zpráva za etapu výzkumného úkolu C 16-331-101-04/02, VÚLHM Jíloviště - Strnady 1977
- LIKENS, G. E. — BORMANN, F. H. — PIERCE, R. S. — EATON, J. S. — JOHNSON, N. M.: Biogeochemistry of forested ecosystem. Springer Ver., New York-Berlin-Heidelberg, 1977
- LOCHMAN, V.: Vliv pěstebních zásahů na chemické vlastnosti humusu a jeho dynamiku v půdách smrkových porostů v objektu Želivka. Lesnictví 22, 1976, s. 861-880
- LOCHMAN, V.: Změny obsahu rozpuštěných látek ve srážkové a půdní vodě ve vztahu k různým pěstebním zásahům ve smrkovém porostu. Práce VÚLHM, sv. 52, 1978, s. 7-22
- LOCHMAN, V.: Dynamika biogenních prvků v půdě smrkového porostu a holé seče. Lesnictví 26, 1980, s. 577-586
- LOCHMAN, V. — LANGKRAMER, O. — LETTL, A.: Dynamika biogenních látek a jakost vody v různých fázích oběhu pod vlivem lesa a jeho hospodaření. Závěrečná zpráva za dílčí výzkumný úkol C 16-331-101-04, VÚLHM Jíloviště - Strnady 1980
- LOCHMAN, V. — LANGKRAMER, O. — LETTL, A.: Ekologické důsledky vlivu znečištění ovzduší v lesních ekosystémech. Závěrečná zpráva za dílčí výzkumný úkol C 16-331-102-02, VÚLHM Jíloviště - Strnady 1980a
- LOCHMAN, V. — LANGKRAMER, O. — LETTL, A.: Okyselování vody a lesní půdy kyselými srážkami. Lesnictví 27, 1981, s. 577-590
- MRÁZ, K.: Terénní výzkum lesních humusových forem a půd výzkumného objektu Želivka. Vědecké sdělení za etapový výzkumný úkol P 16-331-053-01/10/4, VÚLHM Zbraslav - Strnady 1973
- MRÁZ, K.: Závislost mezi některými hydropedologickými a hydrologickými veličinami v chlumních smrkových porostech na pseudogleji. Lesnictví, 26, 1980, s. 699-712
- MRÁZ, K.: Vliv pěstební zásahu na vodní režim půdy chlumního smrkového porostu a jeho vodohospodářský význam. Práce VÚLHM 59, 1981, s. 7-29
- MRÁZ, K.: Vliv smrku na různých stanovištích na vodní režim půdy. Závěrečná zpráva za etapový výzkumný úkol C 16-331-206-03/01, VÚLHM Jíloviště - Strnady 1982
- MRÁZ, K. — SOBOTKA, A. — LANGKRAMER, O. — LOCHMAN, V.: Živá půdní složka, humus a vodní režim v půdách chlumních smrkových porostů jako základní faktory jejich vodohospodářských funkcí. Závěrečná zpráva etapového výzkumného úkolu P 16-331-053-01/10, VÚLHM Jíloviště - Strnady 1975
- PAČES, T. — MOLDAN, B.: Geochemický odnos ze zemědělských a lesních povodí. Sborník geologických věd — hydrologie — inženýrská geologie, 15, 1981, s. 157-195
- UČVATOV, V. P.: Transformace a soustava přírodních vod v landscape i počvoobrazování. Genézis, plododíje i meliorace počv, sborník Institutu agrochémie počvovodění AN SSSR, Pušchino 1979
- ULRICH, B. — MAYER, R. — KHANNA, P. K.: Deposition von Luftverunreinigungen und ihre Auswirkungen in Waldökosystemen im Solling. Schriften. Forstl. Fak. Univ. Göttingen 58, 2. Aufgabe, 1981, Sauerländer Verlag, Frankfurt/M.
- Zhodnocení hydrogeologických prací. Vodní zdroje n. p. Praha, 1972

ЛОХМАН, В. — ЛЕТТЛ, А. — ЛАНГКРАМЕР, О. (Výzkumný ústav lesního hospodářství a myslivosti, Jiloviště - Strnady). Влияние хозяйствования в лесах на химический состав воды, оттекающей из источников водоснабжения. *Lesnictví*, 29, 1983 (6) : 537-550.

На научно-исследовательском объекте Желивка в период 1973—1979 годов исследовали влияние еловых насаждений на изменения состава атмосферной воды при ее оттоке в источники водоснабжения. Отдельные экспериментальные площади были заложены в спелом и молодом лесонасаждении на семенно-лесосечной и сплошной рубках. Одновременно изучали химический состав воды, стекающей из облесенного экспериментального водосборного бассейна в Пекельском ручье и в источнике. Химизм воды определяли также в ручье и в источнике сельским хозяйством обрабатываемых водосборов.

При обогащении откапывающей воды важную роль играют величина крон и экспозиция насаждений в отношении течения воздуха. В экспонированном насаждении настало большее повышение концентраций NH_4^+ , Na, Ca, Zn, NO_3^- , F^- , Cl^- , SO_4^{2-} . Размыву листовой поверхности отвечал прирост K, Mn, PO_4^{3-} . В гумусном горизонте A_0 повышалась концентрация всех биогенных элементов на сплошной лесосеке с лесосечной растительностью больше, чем под насаждениями ели. Исключением было снижение концентраций Zn под насаждениями и NO_3^- , NH_4^+ под семенно-лесосечной рубкой. В поверхностном горизонте минеральной почвы (A) из гравитационной воды интенсивно отделялись цветные гумусные вещества F^- , PO_4^{3-} , NH_4^+ , K, Mn и другие металлы. В минеральном почвенном профиле увеличивались только концентрации Cl^- , SO_4^{2-} , Na, Mg, Ca. Целые экосистемы обследуемых еловых насаждений снижали в проточной воде концентрации NO_3^- , F^- , NH_4^+ , Zn, а сплошная лесосека PO_4^{3-} , NH_4^+ , Zn, Al.

Конечным эффектом действия экосистем водосборных бассейнов — включительно рыхляковой корки — на изменения состава атмосферных вод при их оттоке в источники водоснабжения было снижение концентраций NO_3^- , NH_4^+ и Zn. В отличие от откапывающей воды, поглощаемой под насаждениями, вода источников водоснабжения содержала меньше C_{ox} , NO_3^- , F^- , SO_4^{2-} , NH_4^+ , K, Ca, Mn, Fe, Zn.

При балансировании количества осадков и количества оттекающей воды еловые экосистемы в водосборном бассейне Пекельского ручья проявляются у большинства обследуемых элементов в качестве воронки и обедняются только за счет Na, Cl^- и Mg.

В водах ресурсов сельскохозяйственно эксплуатируемых водосборов были установлены значительно большие концентрации NO_3^- , Cl^- и заметно повышенные концентрации Mg, Ca и K, а в годы с обильными осадками и NH_4^+ .

экология лесная; гидрология лесная; еловые экосистемы

LOCHMAN, V. — LETTL, A. — LANGKRAMER, O. (Výzkumný ústav lesního hospodářství a myslivosti, Jiloviště - Strnady). *The Influence of Forest Management on the Chemical Composition of Water Running off into Water Resources*. *Lesnictví*, 29, 1983 (6) : 537-550.

The influence of spruce forests was studied at the research locality Želivka in the years 1973—1979 as exerted on changes in the composition of rainfall water running off into water resources. Research areas were established in mature and young forest stands after shelterwood felling and after clearcut. Chemical composition of water running off the afforested research watershed in the Pekelský Brook and in the water resource was studied. Water chemistry was also studied in the brook and in the resource of farmed watersheds.

The size of tree-crowns and forest exposure to air flow play an important role for enrichment of throughfall water. In the exposed forest stand, an increase in the concentrations of NH_4^+ , Na, Ca, Zn, NO_3^- , F^- , Cl^- , SO_4^{2-} was high. An increase in K, Mn, PO_4^{3-} content corresponded to the leaf area. The concentration of all biogenic elements increased in humus horizon A_0 at a clearcut site with clearing vegetation more than under spruce stands. The exception was a decrease in Zn concentrations under forest stands and NO_3^- , NH_4^+ concentrations at a site with shelterwood cutting. Colored humic matters F^- , PO_4^{3-} , NH_4^+ , K, Mn and other metals were intensively eliminated from the gravitational water in the surface horizon of mineral soil (A). Only the concentrations of Cl^- , SO_4^{2-} , Na, Mg, Ca rose in the mineral soil profile. The concentrations of NO_3^- , F^- , NH_4^+ in the running water were lowered in the entire ecosystems under study, the concentrations of PO_4^{3-} , NH_4^+ , Zn, Al dropped after clearcut.

The resultant effects of the watershed ecosystems, including the weathered-rock layer, on changes in the composition of rainfall water running off into water resources was a decrease in the concentrations of NO_3^- , NH_4^+ and Zn. The resource water had lower contents of C_{ox} , NO_3^- , F^- , SO_4^{2-} , PO_4^{3-} , NH_4^+ , K, Ca, Mn, Fe, Zn than the throughfall water intercepted under the stands.

Spruce ecosystems in the Pekelský brook watershed appear to be a sink of most elements and are deprived only of Na, Cl^- and Mg as suggested by the balance of precipitation sum and the quantity of running water.

Significantly higher concentrations of NO_3^- , Cl^- and clearly higher concentrations of Mg, Ca, K, and also NH_4^+ in years with high rainfall sums, were found in the waters of the resources located in farmed watersheds.

forest ecology; forest hydrology; spruce ecosystems

Adresa autorů:

Ing. Václav Lochman, CSc., RNDr. PhMr. Aleš Lettl, CSc., Ing. Otakar Langkramer, CSc., Výzkumný ústav lesního hospodářství a myslivosti, Jíloviště - Strnady, 255 01 Praha 5 - Zbraslav

Podepsáno k tisku 12. 5. 1983.

Penka M.: 10 let projektu č. 2 MAB v ČSSR	455
Kubiček F.: Produktivita lesných ekosystémov Malých Karpát	457
Vašíček F., Prax A.: Přímá analýza gradientů prostředí a vegetace v ji- homoravském lužním lese	467
Penka M., Čermák J., Kučera J., Prax A., Úlehla J., Židek V.: Spotřeba vody u dubu (<i>Quercus robur</i> L.) v aluviu řeky Dyje za nelimi- tujících vlhkostních podmínek	481
Klímó E.: Vliv holopasečného způsobu těžby dřeva na půdní vlastnosti a koloběh elementů v ekosystému smrkového lesa	497
Vyskot M.: Některé ekologické faktory působící v různých tvarech lesa	513
Lochman V., Lettl A., Langkramer O.: Vliv hospodaření v le- sích na chemické složení vody odtékající do vodních zdrojů	537

Aktuality

Klímó E., Persson T. (ed.): Struktura a funkce severských jehličnatých lesů. 1980, Uppsala	466
---	-----

СОДЕРЖАНИЕ

Пенка М.: 10 лет существования проекта № 2 МAB в ЧССР	455
Кубичек Ф.: Продуктивность лесных экосистем Малых Карпат	465
Вашичек Ф., Пракс А.: Прямой анализ градиентов среды и вегетации в южно- моравском пойменном лесу	479
Пенка М., Чермак Я., Кучера Й., Пракс А., Улегла Й., Жидек В.: Потребность воды у дуба (<i>Quercus robur</i> L.) в аллювии реки Дыс в нелимити- рующих условиях влажности	495
Климо Э.: Влияние сплошной рубки на почвенные свойства и на круговорот эле- ментов в экосистеме елового леса	512
Вискот М.: Некоторые экологические факторы, действующие в разных формах леса	535
Лохман В., Леттл А., Ленграмер О.: Влияние хозяйствования в лесах на химический состав воды, оттекающей из источников водоснабжения	549

Новости

Климо Э.: Перссон Т. (эд.): Структура и функции северных хвойных лесов. 1980, Уппсала	466
--	-----

Penka M.: Ten Years of Project No. 2 MAB in the Czechoslovak Socialist Republic	455
Kubíček F.: Productivity of Forest Ecosystems in the Low Carpathians	465
Vašíček F., Prax A.: Direct Analysis of the Gradients of Environment and Vegetation in the South Moravian Riverine Forest	480
Penka M., Čermák J., Kučera J., Prax A., Úlehla J., Žídek V.: Water Consumption in Oak (<i>Quercus robur</i> L.) in the Alluvium of the Dyje River in Nonlimiting Moisture Conditions	496
Klimo E.: The Influence of Clearcut Logging on Soil Properties and the Cycle of Elements in the Ecosystem of Spruce Forest	512
Vyskot M.: Ecological Factors as Influencing Different Forms of the Forest	535
Lochman V., Lettl A., Langkramer O.: The Influence of Forest Management on the Chemical Composition of Water Running off into Water Resources	549

Topical News

Klimo E.: Persson T. (ed.): The Structure and Function of Skandinavian Coniferous Forests. 1980, Uppsala	466
--	-----



LESNICTVÍ č. 7/1983

otiskuje tyto práce:

Chlebek A., Jařabáč M.: Růst a využití topolů vybraných odrůd v břehových porostech

Skoupý J.: Růst borových kultur založených obalenými semenáčky

Urban J.: Střevlíkovití (*Carabidae*) vrbovny a lužního lesa v Pouzdřanech

Hromas J.: Některé závislosti mezi kvalitou trofejí a životním prostředím srnčí zvěře v ČSSR

Midriak R.: Ťažko zalesniteľné deštruované plochy v oblasti hornej hranice lesa a nad ňou v Západných Karpatoch

Majer V.: Výstavba rekreačních lesů Dolní Břežany

Aktuality

Tošovská E.: K problematice ekonomického hodnocení mimoprodukčních funkcí lesa

Fér F., Šindelářová J.: VIII. dendrologický kongres a lesy Gruzie

Lesnictví č. 7/1983 stojí 12,— Kčs. Objednávky přijímá

Ústav vědeckotechnických informací pro zemědělství, Slezská 7, 120 56 Praha 2

Poštovní novinová služba, Jindřišská 14, 110 00 Praha 1

Rozšiřuje Poštovní novinová služba. Objednávky a předplatné přijímá PNS - ústřední expedice tisku, administrace odborného tisku, Jindřišská ulice 14, 110 00 Praha 1. Lze též objednat u každé pošty i poštovního doručovatele. Objednávky do zahraničí vyřizuje PNS - ústřední expedice tisku, oddělení vývozu tisku, Jindřišská ulice 14, 110 00 Praha 1. Vytiskl MÍR, novinářské závody, n. p., závod 6, tř. Lidových milicí 22, 120 00 Praha 2