

LESNICTVÍ FORESTRY

Volume 41, No. 2, 1995

OBSAH – CONTENTS

[†] Sereda O.: Podíl odumřelé kořenové složky na odolnosti smrku proti vývratům – The share of decayed root component in spruce resistance to windthrows	49
Urban J.: K biologii štětconoše ořechového [<i>Calliteara (Dasychira) pudibunda</i> L.]. II. Housenky a kukly – Biology of the red tail moth [<i>Calliteara (Dasychira) pudibunda</i> L.]. Part II. Larvae and pupae	61
Tokár F.: Obsah C, H a N v nadzemnej dendromase rôznych porastových typov gaštanu jedlého (<i>Castanea sativa</i> Mill.) – C, H and N contents in the aboveground dendromass of various types of Spanish chestnut (<i>Castanea sativa</i> Mill.) stand	77
Oszlányi J.: Nadzemná biomasa a vodná kapacita dominantných rastových foriem porastu topola Robusta – Above-ground biomass and water capacity of dominant growth forms in the poplar Robusta forest stand	83
Jakubis M.: Výskum ustálenosti a škodlivosti bystrín v juhovýchodnej časti Kremnických vrchov – Research into torrent stabilization and harmfulness in the south-east part of the Kremnické vrchy Hills	87
INFORMACE	
Kupka I.: Konferencie IUFRO S4.01.04	60

Mezinárodní vědecký časopis vydávaný z pověření České akademie zemědělských věd a s podporou Ministerstva zemědělství České republiky

An international journal published by the Czech Academy of Agricultural Sciences and with the promotion of the Ministry of Agriculture of the Czech Republic

Managing Editorial Board – Redakční rada

Chairman – Předseda

Prof. Ing. Vladimír Chalupa, DrSc., Praha

Members – Členové

Prof. Ing. Jiří Bartuněk, DrSc., Brno

Ing. Josef Běle, CSc., Praha

Prof. Ing. Mirjam Čech, CSc., Praha

Prof. Ing. Jan Koubá, CSc., Praha

Ing. Vladimír Krečmer, CSc., Praha

Ing. Václav Lochman, CSc., Praha

Ing. František Šach, CSc., Opočno

Ing. Milan Švestka, DrSc., Znojmo

Advisory Editorial Board – Mezinárodní poradní sbor

Prof. Dr. Don J. Durzan, Davis, California, U.S.A.

Prof. Dr. Lars H. Frivold, Aas, Norway

Ing. Ladislav Greguss, CSc., Banská Štiavnica, Slovak Republic

Doc. Ing. Milan Hladík, CSc., Zvolen, Slovak Republic

Prof. Dr. Hans Pretzsch, Freising, Germany

Dr. Jack R. Sutherland, Victoria, B.C., Canada

Prof. Dr. Nikolaj A. Voronkov, Moskva, Russia

Executive Editor – Vedoucí redaktorka

Mgr. Radka Chlebečková, Praha, Czech Republic

Odborná náplň: Časopis publikuje původní výsledky základního a aplikovaného výzkumu ze všech oborů lesnictví, mající vztah k lesním ekosystémům střední Evropy.

Abstrakty z časopisu jsou zahrnuty v těchto databázích: Agris, CAB Abstracts, Czech Agricultural Bibliography, Toxline Plus, WLAS.

Periodicita: Časopis vychází měsíčně (12x ročně), ročník 41 vychází v roce 1995.

Přijímání rukopisů: Rukopisy ve dvou vyhotoveních je třeba zaslat na adresu redakce: Mgr. Radka Chlebečková, vedoucí redaktorka, Ústav zemědělských a potravinářských informací, Slezská 7, 120 56 Praha 2, tel.: 02/25 75 41–9, fax: 02/25 70 90. Den doručení rukopisu do redakce je publikován jako datum přijetí k publikaci.

Informace o předplatném: Objednávky na předplatné jsou přijímány pouze na celý rok (leden–prosinec) a měly by být zaslány na adresu: Ústav zemědělských a potravinářských informací, Slezská 7, 120 56 Praha 2. Cena předplatného pro rok 1995 je 468 Kč.

Scope: The journal publishes original results of basic and applied research from all fields of forestry related to forest ecosystems of Central Europe.

Abstracts from the journal are comprised in the databases: Agris, CAB Abstracts, Czech Agricultural Bibliography, Toxline Plus, WLAS.

Periodicity: The journal is published monthly (12 issues per year), Volume 41 appearing in 1995.

Acceptance of manuscripts: Two copies of manuscript should be addressed to: Mgr. Radka Chlebečková, executive editor, Institute of Agricultural and Food Information, Slezská 7, 120 56 Praha 2, tel.: 02/25 75 41–9, fax: 02/25 70 90. The day the manuscript reaches the editor for the first time is given upon publication as the date of reception.

Subscription information: Subscription orders can be entered only by calendar year (January–December) and should be sent to: Institute of Agricultural and Food Information, Slezská 7, 120 56 Praha 2. Subscription price for 1995 is 118 USD (Europe), 123 USD (overseas).

PODÍL ODUMŘELÉ KOŘENOVÉ SLOŽKY NA ODOLNOSTI SMRKU PROTI VÝVRATŮM

[†]O. Sereďa

Mendelova zemědělská a lesnická univerzita, Lesnická a dřevařská fakulta, Lesnická 37, 613 00 Brno

Mechanická stabilita souší se řídí odlišnými zákonitostmi než u živých stromů a rozdílnost se projevuje při nárazech bořivého větru, kdy se souše zejména na vlhčí půdě vyvracejí dříve než živé smrky. Rozhodujícím faktorem je menší pružnost odumřelých kořenů definovaná poměrovou deformací na mezi destrukce při tahu a tlaku za ohybu. Při opakovaném namáhání se mrtvé kořeny lámou a trhají po menším počtu silových cyklů a jejich pevnost klesá k nulové hodnotě skokem. V suché nebo zmrzlé půdě se podmínky u živých stromů i souší zhruba vyrovnávají a pravděpodobnou poruchou v obou případech je zlom kmene.

mechanické charakteristiky mrtvých kořenů; mechanická stabilita souší; větrné nárazy; kritická rychlost větru

ÚVOD

Škody v důsledku destruktivního zatížení stromů abiotickými činiteli (tlak a nárazy větru, tíha mokrého sněhu a ledu) se v závislosti na konkrétních okolnostech, jakými je především aktuální stav půdy kořenového balu a jeho bezprostředního okolí, projevují:

- zlomem kmene,
- zlomem u pařezu,
- zlomem v kořenových náběžích,
- vývratem,
- částečným nakloněním.

Poslední z uvedených poruch se zpravidla v obligatorních přehledech škod neuvádějí, ale jsou stejně závažné jako ostatní dokonalé destrukce. Vytěžení nakloněných a často neobvyklou polohou předpjatých stromů je obtížné i nebezpečné. Zlom u pařezu bývá často způsoben houbovým oslabením dřeva v této partii kmene (např. václavkou).

V některých případech se těžko rozlišuje mezi čistým (totálním) vývratem a zlomem v kořenových náběžích a obě škody bývají vykazovány společně jako vývrat.

O míře odolnosti stromů v případech poruch, kdy dochází k destrukcím v jejich nadzemní nebo podzemní části, tj. ke zlomu kmene nebo zlomu a přetržení kořenů, rozhoduje v první řadě pevnost dřeva těchto částí a rovněž geometrie stromu, tj. rozměry a tvar jeho koruny, která ovlivňuje polohu působišť a velikost tlaku

příčně vanoucího větru. U totálního vývratu a naklonění kmene je rozhodujícím činitelem stav půdy v kořenovém balu a jeho okolí, protože u některých zemin s výrazně převládající kohezní složkou smykové pevnosti má změna aktuální vlhkosti za následek její takřka lavinovitý pokles, který zapříčiní malou odolnost proti vytažení kořenů z půdy. Tento nepříznivý stav bývá dále umocňován opakovanými pohyby kořenového talíře smrku při nárazech větru, kdy dochází k tzv. „pumpování“, za kterého voda v nasycené zemině odplovuje částičky půdy lpící na povrchu kořenů a ty postupně uvolňuje. Při tomto mechanismu poruchy se neuplatní pevnost kořenů v tahu, neboť poklesem adheze jsou ze zeminy balu vytaženy, přičemž se silně kořeny I. a II. řádu na závětrné straně zlomí.

Stav půdy je příčinou i totálního vývratu, tj. vyloupnutí balu vcelku, aniž dojde k rozsáhlému vytažení či přetržení tenkých kořenů a ke zlámání silných kořenů. K poruše může dojít v zimě, kdy je horní vrstva půdy promrzlá a tím pevně svírá kořeny, zatímco hlubší nepromrzlá vlhká zóna mají nízkou pevnost ve smyku. Podobný vývrat může nastat i v suchém letním období, kdy vlhčí, smykově méně odolné vrstvy jsou pod kořenovým balem, v němž k vysoušení kromě výparu přispívá kořenové sání. Náporům příčně vanoucího větru vznikne na spodní zakřivené ploše balu tangenciální napětí, které je větší než pevnost zeminy na rozhraní bal – půdní prostředí, a dojde k vyloupnutí balu vcelku bez výrazných poruch na kořenovém systému.

V uvedených souvislostech je zajímavý problém mechanické stability odumřelých stromů, které z různých (často ochrannářských) důvodů bývají ponechány po určitou dobu nevytěženy. Jsou vyslovována podezření, že mechanická stabilita takových jedinců je nízká a že představují i jisté trvalé nebezpečí (např. neočekávaným pádem). Tato studie je příspěvkem k mechanice mrtvých stromů, jichž v imisně postižených porostech stojí mnohdy i značné počty.

PEVNOSTNÍ CHARAKTERISTIKY ODUMŘELÝCH KOŘENŮ III. ŘÁDU

Vícekrát bylo poukázáno na rozhodující podíl kořenů III. řádu v kotevním systému stromu (Sereďa, 1983,

I. Mechanické charakteristiky nejtenčích kořenů ($d < 0,9$ mm) III. řádu smrku čerstvých a suchých při namáhání tahem – Mechanical characteristics of the fibrous roots ($d < 0,9$ mm) of IIIrd order in spruce, fresh and dry, during tensile stress

N		F		w		κ_t		Index ¹ κ_t		E_t		Index E_t		ϵ_t		Index ϵ_t		Ukazatel ²
(ks)		10^{-6} m^2		(%)		(MPa)				(MPa)				(%)				
120	29	0,170	0,510	130,0	12,5	109,1	40,2	1,00	0,37	3 535	2 612	1,00	0,74	12,0	4,0	1,00	0,33	průměr ³
		0,826	1,650	226,5	14,0	670,2	84,0	1,00	0,13	64 393	9 788	1,00	0,15	26,0	8,3	1,00	0,32	maximum ⁴
		0,006	0,153	71,4	11,1	16,0	13,4	1,00	0,84	271	436	1,00	1,61	2,0	0,8	1,00	0,40	minimum ⁵

¹index, ²parameter, ³average, ⁴maximum, ⁵minimum

II. Mechanické charakteristiky kořenů III. řádu smrku, $d = 0,9-3,0$ mm, čerstvých a suchých při namáhání tahem – Mechanical characteristics of the roots of IIIrd order in spruce, $d = 0,9-3,0$ mm, fresh and dry, during tensile stress

N		F		w		κ _t		Index ¹ κ _t		E _t		Index E _t		ε _t		Index ε _t		Ukazatel ²
(ks)		10 ⁻⁶ m ²		(%)		(MPa)				(MPa)				(%)				
414	42	4,618	6,737	131,3	7,7	81,0	52,9	1,00	0,65	1 429	1 827	1,00	1,28	13,0	2,7	1,00	0,21	průměr ³
		22,270	22,48	235,7	7,9	521,3	111,7	1,00	0,21	4 648	3 789	1,00	0,82	26,0	6,0	1,00	0,23	maximum ⁴
		0,826	0,950	33,3	6,8	18,1	6,1	1,00	0,34	331	222	1,00	0,67	1,0	0,2	1,00	0,20	minimum ⁵

For 1-5 see Tab. I

1985, 1990, 1991). Předmětem studie bude opět smrk, protože je naší stále významnou hospodářskou dřevinou.

Při zkoumání mechanických charakteristik silnějších kořenů III. ř. (9 až 30 mm) byla měřena také jejich pevnost v ohybu, modul pružnosti v ohybu i poměrové deformace, a to jak u čerstvého materiálu, tak i u vzorků uměle vysušených. Zejména suché dřevo kořenů vykazovalo vysoké pevnosti v ohybu, blízké se hodnotám nadzemní části, tj. kmene. Vůbec nejvyšší hodnotu modulu pružnosti E_o suchého dřeva kořenů II. řádu vykázal smrkový solitér z údolí Křtinského potoka na ŠLP Křtiny 195 707.10⁻¹ MPa, jež dokonce převyšuje maximální údaj pro smrkové konstrukční dřevo 170 000.10⁻¹ MPa v tabulkových podkladech. O metodice měření mechanických charakteristik kořenů a přístrojovém vybavení k tomu informují závěrečné zprávy (Sereda, 1985, 1990).

Kromě uměle vysušených vzorků byly k dispozici odumřelé kořeny z oblasti Jeseníků, z nichž část pocházela z jedinců výrazně poškozených imisemi. Byly měřeny tahové i ohybové charakteristiky těchto vyschlých odumřelých součástí kořenového systému smrků a porovnávány s hodnotami srovnatelného čerstvého materiálu. Výsledky šetření jsou obsaženy v tab. I až III.

Oddíly v tabulkách pro jednotlivé ukazatele mají vždy dva sloupce. V prvním jsou hodnoty čerstvého, ve druhém odumřelého, suchého materiálu. Kromě absolutních hodnot mechanických veličin jsou jejich vzájemné poměry ještě vyjádřeny indexově, kdy za základ 1,00 slouží absolutní velikost zjištěná u čerstvých vzorků. V tabulkách značí:

F – průřezovou plochu vzorku (m²),

w – vlhkost vzorku hmotově (%),

κ_t – pevnost v tahu (MPa),

κ_o – pevnost v ohybu (MPa),

ϵ_t – poměrové prodloužení při tahových zkouškách, $\epsilon_t = \frac{\Delta l}{l}$,

kde Δl je protažení na mezi destrukce, l výchozí délka vzorku,

ϵ_o – poměrový průhyb na mezi pevnosti v ohybu, $\epsilon_o = \frac{y}{l}$,

kde y je průhybová pořadnice pod zatěžující silou a l je rozpětí (vzdálenost podpor) zkoušeného vzorku,

E_t – modul pružnosti v tahu (MPa),

E_o – modul pružnosti v ohybu (MPa),

W – modul průřezu vzorků pro zkoušky lomem (m³), počítaný pro eliptický profil při orientaci os X – Y odpovídající upnutí vzorku za ohybu.

Postup stanovení modulů pružnosti je podrobně popsán v závěrečné zprávě (Sereda, 1985). Tab. IV obsahuje porovnání ohybových mechanických charakteristik kořenů smrkových jedinců imisně poškozených s materiálem ze zdravých stromů. Podle tab. III je zřejmé, že některé pevnostní ohybové parametry, konkrétně κ_o a E_o , jsou výrazně vyšší u suchého než u čerstvého dřeva. Tytéž hodnoty jsou u stromů imisně zatížených relativně nižší (tab. IV), ale v porovnání s čerstvým materiálem zdravých stromů je také převyšují. V pevnosti v ohybu je index 1,51, u modulu pružnosti v ohybu 1,84. Přesto ale je rozhodujícím ukazatelem odolnosti stromu vůči destrukci zejména při střídavém namáhání nárazy větru poměrové přetvoření ϵ_t a ϵ_o , které charakterizuje pružnost namáhaných částí.

Při napětích blízkých se mezi pevnosti je čerstvý materiál schopen poměrových přetvoření v tahu v průměru 12 až 13 %, v ohybu kolem 24 % (tab. I až III), zatímco pro suché dřevo kořenů jsou tyto hodnoty třikrát až sedmkrát nižší. Kromě toho čerstvé dřevo kořenových částí se při namáháních blízkých se mezi pevnosti porušuje postupně přetříváním jednotlivých vláken (mycel), což se projevuje na pracovních charakteristikách při destrukčních zkouškách schodovitým průběhem. Dokladem této skutečnosti je záznam rychlé opakované ohybové zkoušky kořene smrku na obr. 2, kde je zachyceno šest průběhů zatěžovacích cyklů modelující situaci v kořenovém systému při větrných nárazech. Šlo o dřevo silnějšího kořene III. řádu, $\bar{D} = 0,96$ cm.

Na vislé ose grafu je jednak časový průběh zkoušky v sekundách, jednak přírůstky deformace Δl , na vodo-

III. Mechanické charakteristiky kořenů III. řádu smrku, $d < 20,0$ mm, čerstvých a suchých při namáhání ohybem – Mechanical characteristics of the roots of IIIrd order, $d < 20,0$ mm, fresh and dry, during bending stress

N (ks)	W 10^{-6} m^3		w (%)	κ_o (MPa)		Index ¹ κ_o		E_o (MPa)		Index E_o		ε_o (%)		Index ε_o		Ukazatel ²
71	71	0,109	0,079	160,8	0,0	58,4	93,6	1,0	1,60	2 382	7 298	1,0	3,06	23,7	3,3	průměr ³
		0,525	0,622	268,4	0,0	123,3	225,1	1,0	1,83	7 957	16 252	1,0	2,04	42,0	12,0	maximum ⁴
		0,036	0,012	64,4	0,0	29,9	26,6	1,0	0,89	607	2 929	1,0	4,83	6,0	1,0	minimum ⁵

For 1–5 see Tab. I

IV. Mechanické charakteristiky suchých kořenů III. řádu smrku, $d < 20,0$ mm, zdravých a imisně zatížených při namáhání ohybem – Mechanical characteristics of the roots of IIIrd order in spruce, $d < 20,0$ mm, healthy and damaged by pollutants, during bending stress

N (ks)	W 10^{-6} m^3		w (%)	κ_o (MPa)		Index ¹ κ_o		E_o (MPa)		Index E_o		ε_o (%)		Index ε_o		Ukazatel ²
71	23	0,079	0,111	0,0	18,5	93,6	88,3	1,0	0,94	7 298	4 391	1,0	0,60	3,3	2,6	průměr ³
		0,622	0,283	0,0	34,4	225,1	135,3	1,0	0,60	16 252	6 998	1,0	0,43	12,0	4,5	maximum ⁴
		0,012	0,030	0,0	12,1	26,6	41,5	1,0	1,56	2 929	2 252	1,0	0,77	1,0	1,1	minimum ⁵

For 1–5 see Tab. I

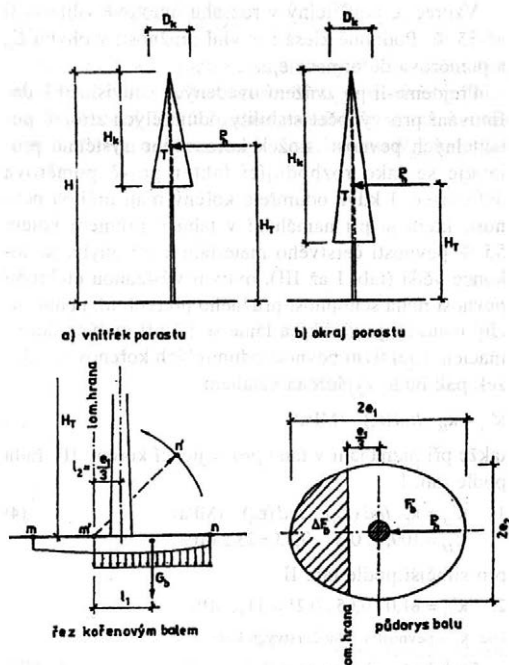
rovné ose růst zatěžující síly vyvolující ohybový moment. Je patrné, že pracovní charakteristika má při prvním zatížení hladký průběh, deformace narůstá úměrně s napětím podle Hookova zákona. Teprve po dosažení meze pevnosti se projeví změna deformace skokem schodovitým tvarem křivky v závěru zkoušky. Jde o nástup oblasti kluzu, u stavebních materiálů označovanou jako oblast plastického tečení. U rostlinných pletiv kotevního charakteru (kořenů) má podstatu v postupném přetřívání mycel. V této fázi udrží materiál ještě dosažené napětí, ale začíná se přetvářet nelineárně s lavinovitým průběhem. Za ohybu dochází k přetřívání vláken v tažené zóně a ke vtačování, drcení a v podstatě rovněž k přetřívání v zóně tlacené.

Po odlehčení na nulovou hodnotu ohybového momentu je možné zatížit vzorek znovu a experiment vícekrát opakovat. Tak např. šest opakovaných rychlých zatížení ohybem má postupně se měnící pracovní charakteristiky (obr. 2), z nichž je zřejmé, že celková dosažitelná pevnost soustavně klesá (záznamy jsou stále kratší) a strmost čar narůstá tak, jak rostou nevratné deformace porušováním mycel. Zvýrazňuje se schodovitý průběh křivek. Každý schod znamená nárůst deformace (průhybu) skokem, aniž současně vzrostlo napětí, a je totožný s okamžikem porušení části vzduřujícího průřezu. Popisovaný průběh je dobrým potvrzením platnosti teorie mezních stavů i v živé přírodě.

Obdobné procesy probíhají i v kmeni stromu namáhaného střídavým ohybem nárazy větru na mezi pevnosti a vedou ke zlomům. Dřevo kmene je přitom méně pružné než dřevo kořenů, které se za ohybu chová v čerstvém stavu jako tuhé lano a i po více ohybech neztrácí pevnost, třebaže ta postupně klesá. Vzorek podle obr. 1 byl ohýbán na mez únosnosti celkem desetkrát a jeho pevnost během zkoušky klesla ze 79,4 MPa na 39,2 MPa, tj. méně než na polovinu (49,4 %), ale k totální destrukci nedošlo. (Vzorky dřeva kmene se za podobných okolností lámou již při prvním mezním za-

tížení.) Také relativní deformace dřeva kmene je menší než dřeva kořenů. Tak se u popisované ohybové zkoušky kořenů relativní deformace zvětšovala postupně od 24 do 42 %, zatímco u dřeva kmene jen zřídka dosáhla 20 % a spíše se pohybuje okolo 10 %.

Schodovitý průběh pracovní charakteristiky byl pozorován i při tahových zkouškách a lze předpokládat, že mechanika porušování za opakovaného namáhání je



1. Schéma vývratu se zlomem v kořenech – Diagram of windthrow with break in roots

tu obdobná, i když při vlastním experimentu je nesnadné přesně vystihnout okamžik mezního napětí a předejít včasnému uvolněním tahu destrukci.

Rozdíl v chování suchého a čerstvého materiálu při mezním zatížení tedy spočívá jednak v rozdílné míře poměrového přetvoření, jednak v absenci schopnosti reagovat na mezní zatížení postupným poklesem pevnosti. Suchý materiál se tedy při dosažení mezního napětí okamžitě porušuje, tj. trhá nebo láme. Tuto skutečnost lze dobře pozorovat např. i při tahových zkouškách, kdy se zvlnění, popř. jinak zakřivené části suchých kořenů ještě před dosažením pevnosti v tahu lámou v ohybech. Rovněž při ohybových zkouškách se suché vzorky lámou při relativně malých poměrových průhybech. Obor tolerance při opakovaném zatěžování, které tu ovšem rovněž existuje, je proti čerstvému živému materiálu velice úzký a lze ho vyjádřit poměrem poměrových deformací

$$Ind(\epsilon_o, \epsilon_c) = \frac{\epsilon_c}{\epsilon_o} \quad (1)$$

kde: ϵ_o – poměrová deformace suchého materiálu,
 ϵ_c – poměrová deformace čerstvého materiálu.

Případně dodatečné změny vlhkosti odumřelých součástí již jejich základní pevnostní parametry nijak nezlepšují, spíše naopak. Tak např. nejvýrazněji klesá s vlhkostí pevnost v ohybu podle přibližné závislosti

$$\kappa_w = \kappa_o (1 - 0,0215 w) \quad (\text{MPa}) \quad (2)$$

kde: κ_o – pevnost zcela vysušeného vzorku,
 w – jeho okamžitá vlhkost.

Vzorec je použitelný v rozsahu hmotové vlhkosti 0 až 35 %. Podobně klesá i modul pružnosti v ohybu E_o a poměrová deformace ϵ_o .

Přejdeme-li po zvážení uvedených souvislostí k definování pro výpočet stability odumřelých stromů použitelných pevností složek kořenového systému, projevuje se jako rozhodující faktor právě poměrová deformace. I když odumřelé kořeny mají určitou pevnost, která je při namáhání v tahu v průměru kolem 55 % pevnosti čerstvého materiálu a při ohybu je dokonce větší (tab. I až III), ovlivní výslednou efektivní pevnost malá schopnost pružného přetvoření, neboť suchý materiál je křehký a láme se již při malých deformacích. Efektivní pevnost odumřelých kořenových složek pak bude vyjádřena vztahem

$$\kappa'_{ts} = \kappa_{ts} \cdot Ind(\epsilon_s) \quad (\text{MPa}) \quad (3)$$

takže při namáhání v tahu pro nejtenčí kořeny III. řádu podle tab. I

$$1. \quad \kappa'_{ts} = \kappa_{ts} \cdot Ind(\kappa_{ts}) \cdot Ind(\epsilon_{ts}) \quad (\text{MPa}) \quad (4)$$

$$\kappa'_{ts} = 109,1 \cdot 0,37 \cdot 0,33 = 23,2 \text{ MPa}$$

pro silnější podle tab. II

$$2. \quad \kappa'_{ts} = 81,0 \cdot 0,65 \cdot 0,21 = 11,1 \text{ MPa}$$

kde: κ_{ts} – pevnost v tahu čerstvých kořenů.

Podobně pak pro namáhání v ohybu podle tab. III

$$3. \quad \kappa'_{os} = \kappa_o \cdot Ind(\kappa_o) \cdot Ind(\epsilon_o) \quad (\text{MPa}) \quad (5)$$

$$\kappa'_{os} = 58,4 \cdot 1,6 \cdot 0,14 = 13,1 \text{ MPa}$$

kde: κ_o – pevnost v ohybu živých kořenů.

Do výpočtů míry stability odumřelých stromů je třeba zavádět tyto redukované hodnoty pevností odvozené z mechanických charakteristik zdravých, po ostatních stránkách s odumřelými srovnatelných vzorníků. (Věk, stanoviště, expozice, bonita.)

BOČNÍ PROJEKCE KORUNY ODUMŘELÝCH STROMŮ

Zjednodušeně se předpokládá, že boční projekce koruny smrku je trojúhelník o základně rovné největšímu průměru koruny D_k a výšce H_k od špičky stromu po její základnu. V důsledku tzv. žaluziového efektu u jehličnanů lze tuto plochu považovat za neprodyšnou a brát ji do výpočtu silového účinku větru plnou hodnotou.

U odumřelých stromů, kde došlo k opadu jehlicí, je ovšem tato náporová plocha redukovaná a faktická prodyšnost se zákonitě projeví nižším tlakem větru na boční projekci koruny. Podle hrubě orientačních fotoplani-metrických měření představuje tato redukce pokles na 30 až 40 % původní náporové plochy, při opadu slabých suchých větví patrně i méně. Výsledný tlak větru, resp. jeho silový účinek pro výpočet kritické hodnoty lze tedy velice opatrně upravit např. součinitelem 0,4, takže

$$P'_h = P_h \cdot 0,4 \quad (\text{N}) \quad (6)$$

ODOLNOST ODUMŘELÝCH SMRKŮ VŮČI VĚTRNĚMU PROUDĚNÍ

Na příkladu smrkového vzorníku, jehož základní rozměry a mechanické charakteristiky se uvádějí, demonstruje se výpočet bočního tlaku větru nutný k jeho destrukci a to jak pro živý, tak pro odumřelý strom. Protože úvaha se týká posuzování účasti pevnosti mrtvých kořenů na kotvení stromu, není počítán případ totálního vývratu, kde, jak je uvedeno, rozhoduje o vyvrácení nepříznivě vysoký stav půdní vlhkosti v horizontu pod kořenovým balem v zeminách s výrazným podílem kohezní složky smykové pevnosti. Aktuální pevnost kořenů za těchto okolností je v širokém rozsahu hodnot irelevantním faktorem. Budeme se proto zabývat případy namáhání kotveního systému, kdy kořeny jsou namáhány v okolí meze jejich pevnosti.

Základní rozměry smrkového vzorníku

Nadzemní část:

výška stromu	$H = 31,5 \text{ m}$
délka koruny	$H_k = 18,0 \text{ m}$
průměr základny koruny	$D_k = 3,8 \text{ m}$
výčetní tloušťka	$D_{1,3} = 0,36 \text{ m}$
průměr pařezu	$D_{0,2} = 0,58 \text{ m}$

Podzemní část:

delší poloosa balu	$e_1 = 3,07 \text{ m}$
kratší poloosa balu	$e_2 = 2,20 \text{ m}$

tíha balu
půdorysná rovina balu
zakřivená plocha spodní
základny balu
maximální hloubka balu
minimální hloubka balu
střední průměr kořenů I. řádu
střední průměr kořenů II. řádu
střední průměr kořenů III. řádu
počet kořenů I. řádu
počet kořenů II. řádu
počet kořenů III. řádu

$$\begin{aligned}G_b &= 9,2 \cdot 10^4 \text{ N} \\F_b &= 21,89 \text{ m}^2 \\Q_b &= 22,54 \text{ m}^2 \\h_{BM} &= 0,45 \text{ m} \\h_{bm} &= 0,30 \text{ m} \\d_1 &= 0,145 \text{ m} \\d_2 &= 0,070 \text{ m} \\d_3 &= 0,002 \text{ m} \\n_1 &= 7 \text{ ks} \\n_2 &= 20 \text{ ks} \\n_3 &= 3 \text{ 351 ks}.\end{aligned}$$

ZLOM V KOŘENECH ŽIVÉHO STROMU

V případě, že odpor proti usmyknutí v ploše základny balu Q_b je v důsledku aktuálních hodnot smykových parametrů zeminy tak velký, že nedojde k totálnímu vývratu a současně horizontální síla větru P_h nestačí ke zlomení kmene, může dojít při uvolnění kořenů opakovaným namáháním (periodickými nebo aperiodickými nárazy větru) k jejich přetržení postupnou ztrátou pevnosti v tahu, vytažení ze zeminy a ke zlomu kořenů I. řádu a silných II. řádu.

Destrukční děje probíhající při této poruše ve zvedaném kořenovém balu popisuje V i c e n a (1978). Zatléžovací schéma stromu pro tento případ je na obr. 1. Půdorys balu je eliptický s delší poloosou e_1 ve směru převládajících větrů. Jak bylo více měřeními potvrzeno, je v tomto směru strom bohatěji dimenzován v kotevním systému zejména kořeny III. řádu, jejichž význam pro stabilitu je dominantní. Ve směru delší osy balu bývá těchto tenkých, ale současně velice pevných a pružných kotevních elementů u exponovaných jedinců až o 23 % více než ve směru kratší osy.

Při vypáčení balu a jeho zvedání dojde spolu s láním silných kořenů ve směru e_1 k přemístění momentového bodu m do polohy m' (obr. 1) a ke vzniku lomové hrany, podle níž se při pádu strom i bal jako tuhý mechanický systém otáčí. Lomová hrana se vytváří zhruba ve vzdálenosti $\frac{1}{3} e_1$ od osy kmene. Z těchto

poznatků lze odvodit rozměry systému pro podmínky mezní rovnováhy na počátku nastávajícího porušení.

Působíště výslednice tíhy zvedané části balu a odporů kořenů III. řádu proti přetržení, resp. vytažení z půdy se přibližně uvažuje v polovině délky talíře za lomovou hranou a je tedy ramenem odporového momentu tato vzdálenost:

$$l_1 = \frac{1}{2} \left(e_1 + \frac{e_2}{3} \right) \quad (\text{m}) \quad (7)$$

$$l_1 = 0,5 \left(3,07 + \frac{2,2}{3} \right) = 2,05 \text{ m}$$

Silné láné kořeny I. a II. řádu na závětrné straně mají momentové rameno

$$l_2 = \frac{e_1}{3} \quad (\text{m}) \quad (8)$$

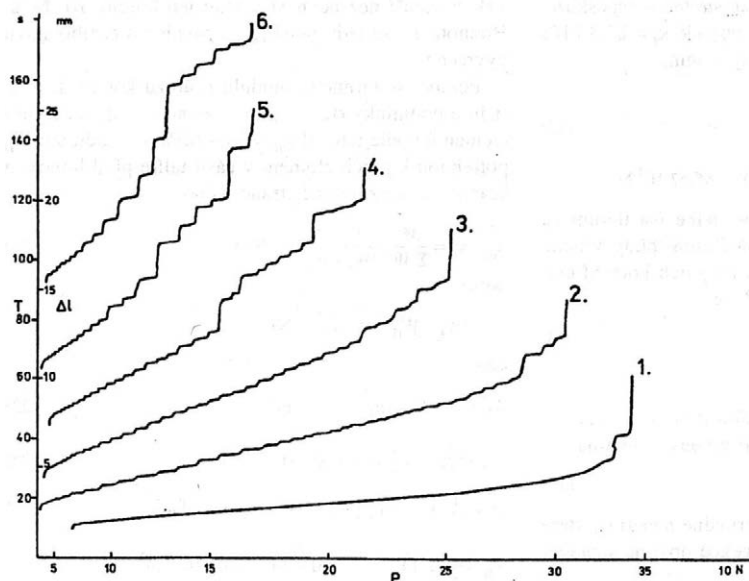
$$l_2 = \frac{3,07}{3} = 1,02 \text{ m}$$

Síla větru P_h působí ve výši těžiště koruny nad momentovým bodem m'

$$H_T = H - \frac{2}{3} H_k \quad (\text{m}) \quad (9)$$

$$H_T = 31,5 - \frac{2}{3} 18,0 = 19,5 \text{ m}$$

Kořeny I. a II. řádu ve směru osy e_1 jsou namáhány na ohyb, tj. vzdorují svým souhrnným modulem průřezu W_s , kořeny III. řádu jsou namáhány na tah a vzdorují buď svou souhrnnou pevností v tahu N_{ts} , nebo od-



2. Pokles pevnosti živého kořene při opakovaném namáhání ohybem – Decrease in the strength of live root at repeated exposure to bending stress

porem proti vytažení ze zeminy adhezí a třením na svém povrchu T_{ts} . O míře stability rozhodne menší z obou hodnot, které je nutné souběžně vyšetřit.

Souhrnná pevnost kořenů III. řádu vyplývá z jejich souhrnné průřezové plochy pod zvedanou částí talíře a průměrné pevnosti v tahu, která je u solitérů a pláštových stromů asi o 10 % větší než u jedinců uvnitř zapojeného stejnověkého porostu.

V tahu a proti vytažení z půdy vzdorují pouze kořeny pod zvedaným půdorysem talíře, tj. pod úsečí elipsy o poloosách e_1 a e_2 . V tahu nevzdorující, tj. opěrná část plochy talíře před lomovou hranou je počítána přibližně jako parabolická úseč:

$$\Delta F_b = \frac{4}{3} [e_2 (e_1 - l_2)] \quad (\text{m}) \quad (10)$$

$$\Delta F_b = \frac{4}{3} [2,2 (3,07 - 1,02)] = 6,01 \text{ m}^2$$

Vzdorující půdorysná plocha balu

$$F'_b = F_b - \Delta F_b \quad (\text{m}) \quad (11)$$

$$F'_b = 21,89 - 6,01 = 15,88 \text{ m}^2$$

Redukce počtu kořenů

$$n' = n \frac{F'_b}{F_b} \quad (12)$$

$$n' = n \frac{15,88}{21,89} = n \cdot 0,725$$

$$n'_1 = 7 \cdot 0,725 = 5 \text{ ks}$$

$$n'_2 = 20 \cdot 0,725 = 14 \text{ ks}$$

$$n'_3 = 3 \cdot 351 \cdot 0,725 = 2 \cdot 431 \text{ ks}$$

Průměrná pevnost v tahu kořenů III. řádu u exponovaných smrků se může měnit v závislosti na okolnostech, např. oslabením po větrné kalamitě, ve značně širokých mezích. Ve studii byly použity vážené průměry z tab. I a II, které se vztahují ke stromům nepoškozeným mezním zatížením. V tomto případě $\bar{\kappa}_t = 87,3 \text{ MPa}$ a střední průměr $\bar{d}_3 = 0,002 \text{ m}$, tj. 2 mm.

Souhrnná pevnost v tahu

$$N_{t3} = \bar{\kappa}_t \cdot n'_3 \cdot \frac{\pi}{4} \cdot \bar{d}_3^2 \quad (\text{N}) \quad (13)$$

$$N_{t3} = 87,3 \cdot 10^6 \cdot 2431 \cdot \frac{3,14}{4} \cdot (2 \cdot 10^{-3})^2 = 66,67 \cdot 10^4 \text{ N}$$

Proti vytažení vzdorují kořeny adhezí a třením na svém povrchu vlivem sevření přitřžením půdy v balu. Vzdorující povrch kořenů závisí na jejich kotevní délce, která podle V i c e n y (1978) je

$$l_k = 6,59 \cdot D_{0,2}^{0,474} \quad (\text{cm}) \quad (14)$$

$$l_k = 6,59 \cdot 58^{0,474} = 45,2 \text{ cm}$$

a shoduje se prakticky s maximální tloušťkou balu.

Pevnost ve smyku na rozhraní kořeny – zemina

$$s = \sigma \cdot \tan \Phi_{ef} + c \quad (\text{MPa}) \quad (15)$$

kde je diskutabilní přitěžující normální napětí σ , které by mohlo být v daném případě velice opatrně stanovené např.:

$$\sigma = \frac{G_b + G_{km} + G_k}{Q_b} \quad (\text{MPa}) \quad (16)$$

kde t ha kmene

$$G_{km} = V_{km} \cdot \gamma_d \quad (\text{N}) \quad (17)$$

(objem kmene podle $D_{1,3}$ z výnosových tabulek, $\gamma_d = 0,85 \cdot 10^4 \text{ N} \cdot \text{m}^{-3}$ je průměrná měrná tíha čerstvého smrkového dřeva), t ha koruny

$$G_k = \frac{\pi}{12} \cdot D_k^2 \cdot H_k \cdot \gamma_k \quad (\text{N}) \quad (18)$$

(γ_k je průměrná objemová tíha větví, kletu a jehličí v koruně, vztažená na jednotku objemu koruny V_k , a je podle různých měření 0,00132–0,00312, ale také až $0,00365 \cdot 10^4 \text{ N} \cdot \text{m}^{-3}$).

$$G_{km} = 1,48 \cdot 0,85 \cdot 10^4 = 1,26 \cdot 10^4 \text{ N}$$

$$G_k = \frac{3,14}{12} \cdot 3,8^2 \cdot 18,0 \cdot 0,00365 \cdot 10^4 = 0,248 \cdot 10^4 \text{ N}$$

$$\sigma = \frac{(9,2 + 1,26 + 0,25) \cdot 10^4}{22,54} = 0,0048 \text{ MPa}$$

Koheze, jak známo, může kolísat v závislosti na aktuální vlhkosti půdy ve značném rozsahu. Předpokládáme podle ČSN 73 1001 (1987) zeminu S5 SC (písek jílový) s kohezí $c_{ef} = 4 \cdot 10^{-3} \text{ MPa}$ a tangentou úhlu vnitřního tření 0,488, tj. $\Phi_{ef} = 26^\circ$. Souhrnná pevnost ve smyku, tj. odpor proti vytažení kořenů ze zeminy balu

$$T_{ts} = s \cdot \pi \cdot l_k (n'_3 \cdot d_3 + n'_2 \cdot d_2 + n'_1 \cdot d_1) \quad (\text{N}) \quad (19)$$

$$T_{ts} = 6,34 \cdot 10^3 \cdot 3,14 \cdot 0,45 (2431 \cdot 2 + 14 \cdot 70 + 5 \cdot 145) \cdot 10^{-3} = 5,89 \cdot 10^4 \text{ N}$$

když podle (15)

$$s = (4,8 \cdot 0,488 + 4,0) \cdot 10^3 = 6,34 \cdot 10^3 \text{ Pa}$$

$$5,89 \cdot 10^4 < 66,67 \cdot 10^4; T_{ts} < N_{ts}$$

Je zřejmé, že odpor proti vytažení z půdy je asi 11krát menší než pevnost v tahu jen kořenů III. řádu. Hodnota T_{ts} se tedy použije do rovnice mezního stavu vyvrácení.

Pomocí souhrnného modulu průřezu kořenů I. a II. řádu a podmínky $\sigma_o = \kappa_o$, kde pevnost v ohybu těchto elementů podle tab. III $\kappa_o = 58,4 \text{ MPa}$, lze určit sílu P_o potřebnou k jejich zlomení v části talíře před lomovou hranou, tj. na závětné straně, neboť

$$\sigma_o = \kappa_o = \frac{M}{\Sigma W} = \frac{P_o \cdot l_2}{W_1 + W_2} \quad (\text{MPa}) \quad (20)$$

takže

$$P_o = (W_1 + W_2) \cdot \kappa_o \cdot l_2^{-1} \quad (\text{N}) \quad (21)$$

kde

$$W_1 = \frac{1}{32} \pi \cdot d_1^3 (n_1 - n'_1) \quad (\text{m}^3) \quad (22)$$

$$W_{II} = \frac{1}{32} \pi \cdot d_2^3 (n_2 - n'_2) \quad (\text{m}^3) \quad (22a)$$

$$W_1 = \frac{1}{32} \cdot 3,14 \cdot 0,145^3 (7 - 5) = 5,99 \cdot 10^{-4} \text{ m}^3$$

$$W_{II} = \frac{1}{32} \cdot 3,14 \cdot 0,07^3 (20 - 14) = 2,02 \cdot 10^{-4} \text{ m}^3$$

Podmínka rovnováhy hmotného systému (stav na počátku porušení vývratem se zlomy kořenů) plyne z momentové rovnice upravené pro výpočet mezní síly větru v těžišti koruny

$$P_h = \frac{(T_{ts} + G'_b) \cdot l_1 + (W_I + W_{II}) \cdot \kappa_o}{H_t} \quad (\text{N}) \quad (23)$$

kde redukovaná tíha balu (část zvedaná za lomovou hranou)

$$G'_b = G_b \frac{F'_b}{F_b} \quad (\text{N}) \quad (23a)$$

$$G'_b = 9,2 \cdot 10^4 \cdot 0,725 = 6,67 \cdot 10^4 \text{ N}$$

$$P_h = \frac{(5,89 + 6,67) \cdot 10^4 \cdot 2,05 + (5,99 + 2,02) \cdot 10^{-4} \cdot 58,4 \cdot 10^6}{19,5} = 1,56 \cdot 10^4 \text{ N}$$

Této mezní síle odpovídá kritická rychlost větru při stacionárním proudění

$$u_h = \sqrt{\frac{2 \cdot P_h}{C_s \cdot \rho_L}} \quad (\text{m.s}^{-1}) \quad (24)$$

kde tlak větru

$$P_h = \frac{P_h}{F_k} = \frac{2 \cdot P_h}{D_k \cdot H_k} \quad (\text{Pa}) \quad (25)$$

$$P_h = \frac{2 \cdot 1,56 \cdot 10^4}{3,8 \cdot 18,0} = 456,1 \text{ Pa}$$

C_s v rovnici (24) je sdružený součinitel tlaku větru na strom o hodnotě 0,645 pro stacionární proudění a 1,325 pro větrné nárazy; blíže o tom Sereda (1991). ρ_L je měrná hmotnost vzduchu průměrnou hodnotou $1,25 \text{ kg.m}^{-3}$.

Kritická rychlost větru při stacionárním proudění tedy bude

$$u_h = \sqrt{\frac{2 \cdot 456,1}{0,645 \cdot 1,25}} = 33,6 \text{ m.s}^{-1} (121,1 \text{ km.h}^{-1})$$

a při větrných nárazech

$$u'_h = \sqrt{\frac{2 \cdot 456,1}{1,325 \cdot 1,25}} = 23,5 \text{ m.s}^{-1} (84,5 \text{ km.h}^{-1})$$

což jsou hodnoty značně pravděpodobné. Je nutné připomenout, že mezní síla větru P_h v tomto řešení byla odvozena z předpokladu odporu kořenů II. řádu proti vytážení ze zeminy. Pokud bychom však počítali s dokonale upnutím těchto kotevních elementů v půdě např. zmrzlé nebo silně proschlé, bylo by nutné zavést do řešení jejich celkovou pevnost v tahu a pak by ovšem mezní síla větru byla výrazně větší a spíše než ke zlomu kořenů vyšších řádů a přetržení tenkých by došlo k destrukci kmene, což je opět potvrzeno zkušeností o převaze zlomů nad vývraty za popsané situace.

ZLOM V KOŘENECH SOUŠÍ

Předpokládáme obdobný stav půdy kořenového balu jako v předchozí kapitole s tím rozdílem, že kořeno-

vý systém sestává z elementů zcela odumřelých, jejichž mechanické charakteristiky odpovídají druhým sloupcům v tab. I až III.

Při posuzování velikosti kritické síly větru působícího na boční projekci koruny zavedeme dva předpoklady odolnosti odumřelého kořenového systému:

a) Při stacionárním vzdušném proudění se použije pevnost kořenů bez redukce na sníženou pružnost – rovnice (3) a (4).

b) Při větrných nárazech, kdy strom musí pružně reagovat na opakované namáhání na mezi pevnosti, se tato redukce zavede. V obou případech se upravuje síla větru sníženou náporovou plochou koruny podle rovnice (6). Dále se změní tížné složky stromu přiměřeným zmenšením $\gamma'_d = 0,8 \cdot 10^4 \text{ N.m}^{-3}$ a $\gamma'_k = 0,00132 \cdot 10^4 \text{ N.m}^{-3}$. Všechny ostatní rozměry vzorníku zůstanou zachovány.

Průměrná pevnost v tahu odumřelých kořenů III. řádu podle tab. I a II:

Ad a)

$$\bar{\kappa}_{ts} = 47,7 \text{ MPa}$$

souhrnná pevnost v tahu

$$N_{ts} = 47,7 \cdot 10^6 \cdot 2 \cdot 431 \frac{3,14}{4} (2 \cdot 10^{-3})^2 = 36,43 \cdot 10^4 \text{ N}$$

Ad b)

$$\bar{\kappa}_{ts} = 47,7 \cdot 0,26 = 12,40 \text{ MPa}$$

(Průměrný redukční součinitel pro namáhání v tahu podle tab. I a II $\overline{\text{red}}(\epsilon_{ts}) = 0,26$.)

Souhrnná redukovaná pevnost v tahu

$$N'_{ts} = 36,43 \cdot 0,26 = 9,47 \cdot 10^4 \text{ N}$$

normální napětí v zemině balu podle (16)

$$\sigma' = \frac{G_b + G'_{km} + G'_k}{Q_b} = \frac{(9,2 + 1,18 + 0,09) \cdot 10^4}{22,54} = 0,0046 \text{ MPa}$$

$$G'_{km} = 1,48 \cdot 0,8 \cdot 10^4 = 1,18 \cdot 10^4 \text{ N}$$

$$G'_k = \frac{3,14}{12} \cdot 3,8^2 \cdot 18,0 \cdot 0,00132 \cdot 10^4 = 0,09 \cdot 10^4 \text{ N}$$

$$\sigma' = (4,6 \cdot 0,488 + 4,0) \cdot 10^3 = 6,26 \cdot 10^3 \text{ Pa}$$

Souhrnná pevnost ve smyku, tj. odpor proti vytážení kořenů ze zeminy balu podle (19)

$$T_{ts} = 16,24 \cdot 10^3 \cdot 3,14 \cdot 0,45 (2431 \cdot 2 + 14 \cdot 70 + 5 \cdot 145) \cdot 10^{-3} = 5,79 \cdot 10^4 \text{ N}$$

$$5,79 \cdot 10^4 < 9,47 \cdot 10^4$$

I v tomto případě je odpor proti vytážení menší (1,6krát) než je pevnost v tahu odumřelých kořenů včetně redukce na účinek větrných nárazů a řešení se opět přesouvá do případu destrukce zlomem v kořenech.

Moduly průřezu prvků I. a II. řádu se nemění, upraví se pevnost v ohybu podle a) a b).

a) Podle tab. III vážený průměr hodnot zdravých a imisně zasažených stromů

$$\kappa_{os} = 92,3 \text{ MPa}$$

b) $\bar{\kappa}_{os} = 92,3 \cdot 0,14 = 12,9 \text{ MPa}$ podle (5)

Mezní síla větru v těžišti koruny smrku podle (23)

$$P'_h = \frac{(5,89 + 6,67) \cdot 10^4 \cdot 2,05 + (5,99 + 2,02) \cdot 10^{-4} \cdot 92,3 \cdot 10^6}{0,4 \cdot 19,5} = 4,249 \cdot 10^4 \text{ N}$$

$$P''_h = \frac{(5,89 + 6,67) \cdot 10^4 \cdot 2,05 + (5,99 + 2,02) \cdot 10^{-4} \cdot 12,9 \cdot 10^6}{0,4 \cdot 19,5} = 3,433 \cdot 10^4 \text{ N}$$

Oba výsledky jsou velice zajímavé a svědčí o relativně vyšší odolnosti souší i při nárazovém větru proti živým stromům. Rozhodujícím činitelem je tu v první řadě větší prodouvanost koruny. Pokles pevnosti silných kořenů v ohybu se tu výrazně neuplatní, uvědomíme-li si jejich podíl na kotvení. Všimneme-li si velikosti momentu odporu v čitateli rovnice (23) u živého stromu, je zřejmé, že valnou část odporu představují právě kořeny svou adhezí spolu s tíhou balu k nim připojeného a z těch pak zejména vláknů III. řádu, jejichž účinná kontaktní plášťová plocha se zemínou je téměř 75 % účinného povrchu všech kořenů.

Podíl kotvení kořenů a odporu prvků I. a II. řádu v ohybu lze vyjádřit takto: síla k vytržení kořenů ze zeminy

$$P_{ht} = \frac{(T_i + G'_b) \cdot l_i}{H_i} = \frac{(5,89 + 6,67) \cdot 10^4 \cdot 2,05}{19,5} = 1,32 \cdot 10^4 \text{ N}$$

síla na zlomení silných kořenů

$$P_{ho} = \frac{(W_I + W_{II}) \cdot \kappa_o}{H_i} = \frac{(5,99 + 2,02) \cdot 10^{-4} \cdot 58,4 \cdot 10^6}{19,5} = 0,240 \cdot 10^4 \text{ N}$$

$$\frac{P_{ht}}{P_{ho}} = \frac{1,32}{0,24} = 5,5$$

To značí, že kořeny se podléhají na odporu proti vývratu 5,5krát více svým odporem v tahu (a z těch pak nejvýraznější tenké III. řádu) než silné svým odporem proti zlomení.

Pokud vyloučíme faktor zvýšené prodouvanosti koruny a uvažujeme nárazový vítr, změní se výsledek ad b)

$$P'''_h = P''_h \cdot 0,4 = 3,433 \cdot 0,4 = 1,373 \cdot 10^4 \text{ N}$$

a lze ho považovat za kritický případ souše za stavu zeminy, který připouští vytažení kořenů z půdy.

Kritická rychlost větrných nárazů pro tento případ podle (24)

$$u''_h = \sqrt{\frac{2 \cdot 401,5}{1,325 \cdot 1,25}} = 22,02 \text{ m.s}^{-1} (79,3 \text{ km.h}^{-1})$$

kde

$$P''_h = \frac{2 \cdot 1,373 \cdot 10^4}{3,8 \cdot 18,0} = 401,5 \text{ Pa}$$

Rozdíl proti živým stromům v tomto případě není výrazný. Diference zásadního rázu lze očekávat za sta-

vu půdy, kdy při účinném sevření vzdorují kořeny svou pevností v tahu. V této situaci je rozdíl v odolnosti živého a odumřelého kořenového systému markantní. Pro představu stačí pouze porovnat kritické síly pro přetržení vláken III. řádu živého a suchého stromu.

Mezní síla větru pro živý strom

$$P_{ht} = \frac{(N'_{ts} + G'_b) \cdot l_i}{H_i} = \frac{(66,67 + 6,67) \cdot 10^4 \cdot 2,05}{19,5} = 7,71 \cdot 10^4 \text{ N}$$

kde

$$N'_{ts} = 66,67 \cdot 10^4 \text{ N podle (13)}$$

takže zanedbáme-li odpor silných kořenů proti zlomu, byla by kritická teoretická rychlost větrného nárazu potřebná pro vývrát podle (24)

$$u_h = \sqrt{\frac{2 \cdot 2254,4}{1,325 \cdot 1,25}} = 47,63 \text{ m.s}^{-1} (171,5 \text{ km.h}^{-1})$$

kde

$$P_h = \frac{2 \cdot 7,71 \cdot 10^4}{3,8 \cdot 18,0} = 2254,4 \text{ Pa}$$

Toto je ovšem již rychlost tornáda a je jasné, že již při podstatně nižší rychlosti by docházelo výhradně ke zlomům kmenů.

Mezní síla větru pro souš

$$P_{ht} = \frac{(N'_{ts} + G'_b) \cdot l_i}{H_i} = \frac{(9,47 + 6,67) \cdot 10^4 \cdot 2,05}{19,5} = 1,697 \cdot 10^4 \text{ N}$$

kde

$$N'_{ts} = 9,47 \cdot 10^4 \text{ N}$$

takže zanedbáme-li odpor silných kořenů proti zlomu, byla by kritická teoretická rychlost větrného nárazu potřebná pro vývrát podle (24)

$$u'_h = \sqrt{\frac{2 \cdot 496,2}{1,325 \cdot 1,25}} = 24,48 \text{ m.s}^{-1} (88,1 \text{ km.h}^{-1})$$

kde

$$P'_h = \frac{2 \cdot 1,697 \cdot 10^4}{3,8 \cdot 18,0} = 496,2 \text{ Pa}$$

Za této nárazové rychlosti větru při pevném sevření kořenů v půdě lze tedy u souší očekávat popř. i vývraty, zatímco u živých stromů převážně zlomy kmenů. Tak např. napětí v ohybu ve výčetní tloušťce (nad ní v rozsahu asi 0,125 H jsou profily mající při teoretickém vyšetřování ohybové napjatosti největší hodnoty) při rychlosti větrného nárazu $u'_h = 24,48 \text{ m.s}^{-1}$ bude

$$\sigma_o = \frac{P'_{ht} \cdot (H_i - 1,3)}{W_{1,3}} \quad (\text{MPa}) \quad (26)$$

$$\sigma_o = \frac{1,697 \cdot 10^4 \cdot (19,5 - 1,3)}{4,58 \cdot 10^3} = 67,4 \text{ MPa}$$

kde

$$W_{1,3} = \frac{1}{32} \pi \cdot d_{1,3}^3 = \frac{1}{32} \cdot 3,14 \cdot 0,36^3 = 4,58 \cdot 10^{-3} \text{ m}^3$$

Napětí 67,4 MPa již výrazně překračuje průměrné pevnosti čerstvého smrkového dřeva v ohybu. Zlomy lze očekávat i u souší, kde pevnost suchého smrkového dřeva v ohybu je asi 56 MPa.

ZÁVĚR

Laboratorně byly měřeny mechanické charakteristiky odumřelých součástí kořenů III. řádu smrku a porovnány s hodnotami živých stromů. Pevnost při namáhání tahem i modul pružnosti v tahu jsou nižší u suchých kořenů, u ohybu je tomu naopak. Nižší, a to výrazně, je jak při tahu, tak při ohybu poměrová deformace na mezi destruktce, která charakterizuje pružnost materiálu. Suché dřevo kořenů je křehčí; přibližuje-li se napětí mezi pevností, dochází okamžitě k destrukci, zatímco čerstvý, živý materiál ztrácí při cyklickém namáhání pevnost postupně. Protože však odpor proti vytážení kořenů z vlhké půdy je ve všech případech více násobně nižší než souhrnná pevnost v tahu i suchých kořenů, dají se očekávat i u souší podobně jako u živých stromů zlomy v kořenech i zlomy kmenů.

Pevnost v ohybu i její změny se u kořenů I. a II. řádu v kotvení stromu výrazněji neprojevují, neboť tato složka odporu proti zlomu v kořenech se podílí na celkové stabilitě minoritně.

Nízká elasticita je do výpočtů zaváděna redukcí plné pevnosti poměrem poměrového přetvoření suchých a živých kořenů; tím výchozí hodnota klesá v průměru na 25 %. I tato redukce však přesvědčivě neprokazuje výrazně nižší odolnost souší při jednorázovém zatížení. Rozdíly proti živému kořenovému systému se patrně projeví při opakovaném zatěžování větrnými nárazy až na mez pevnosti, kdy určitá část suchých složek III. řádu bude současně porušena a míra kotvení klesne skokem. Tento předpoklad by bylo nutné potvrdit analýzou procentického poklesu množství kotevních elementů při každém větrném nárazu za pevnějšího sevěření zeminou. Studii v tomto směru by umožnila znalost zastoupení kotevních elementů s určitou limitní pevností odpovídající napětí vyvozenému větrným nárazem např. v okolí $u_h = 70 \text{ km} \cdot \text{h}^{-1}$, který ještě nestačí ke zlomu v kořenech souše.

Větrný náraz o rychlosti $u_h = 70 \text{ km} \cdot \text{h}^{-1}$ ($19,4 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1}$) představuje sílu v těžišti koruny vzorníku

$$P_h = p_h \cdot F_k = 311,67 \cdot 0,5 \cdot 18,0 \cdot 3,8 = 1,066 \cdot 10^4 \text{ N}$$

kde podle (24)

$$p_h = 0,5 \cdot 19,4^2 \cdot 1,325 \cdot 1,25 = 311,67 \text{ Pa}$$

Tento silový účinek vyvodí ve výčetní tloušťce vzorníku napětí v ohybu podle (26)

$$\sigma_o = \frac{1,066 \cdot 10^4 \cdot (19,5 - 1,3)}{4,58 \cdot 10^{-3}} = 42,36 \text{ MPa}$$

což je hodnota, která již může lámat kmeny živých stromů, ale je menší než pevnost suchého dřeva ($42,36 < 56,0$), takže u souší by se za podobných podmínek spíše daly předpokládat poruchy v kotvení. (Zvětšená prodouvanost koruny zde nebyla uvažována.)

Je pravděpodobné, že suché kořenové elementy nebudou stejně jako živé kořeny při větrném nárazu namáhány všechny současně, spíše lze předpokládat, že k jejich plnému zatěžování dochází postupně po určitých frakcích. Část kořenů ve svém průběhu bývá také zvlněna, někdy až 50 % všech III. řádu. Rovněž kolem 50 % kořenů má pevnost menší než průměrnou. Zatěžování probíhá patrně tak, že nejdříve se napřimují a posouvají v půdě zvlněné elementy, přičemž vzdorují svou adhezí hodnotami T_p . Souběžně s tímto procesem je část přímých kořenů namáhána tahem účinky N_p . Pokud jsou mezi těmito zastoupeny případy s nižší než průměrnou pevností, část z nich se porušuje anebo oslabuje napětím na mezi pevnosti.

Živé kořeny, které mají velkou pružnost danou mírou poměrového protažení průměrně 12 %, extrémně až 26 %, mohou účinkem této vlastnosti napěťové nárazy vyrovnávat a jejich opakováním se celý kotevní systém oslabuje postupně a plynule. Suché kořeny, jejichž pružnost je několikanásobně nižší ($\epsilon_t = 4$ %, výjimečně 8 %) tuto schopnost elastické reakce nemají a při každém nárazu skupina zatížená k mezi pevnosti se porušuje (trhá, láme) okamžitě a jednorázově. Další silovému impulsu pak vzdoruje zbylý neporušený podíl, jehož napjatost se ovšem zvýší, takže dochází rychle k dalším skupinovým poruchám s lavinovitým charakterem.

Je zjevné, že na průběh destruktivního procesu má vliv stav půdy. Při pevném sevěření všech kořenů, takže vzdorují v podstatě současně celou svou průřezovou plochou v tahu, stačí toto ukotvení ke zlomu kmene. Při nedokonalé adhezii, kdy se jednotlivá vlákna postupně posouvají a trhají po skupinách, tj. ve vlhké půdě, lze očekávat vývrat, resp. zlom v kořenech.

Děj lze popsat např. tímto zjednodušeným výpočtem čtyř po sobě bezprostředně následujících větrných porývů.

První náraz

$\frac{1}{3} n'_3$ je zvlněných, půda je vlhká, takže sevěření klesá k minimální hodnotě, pro půdu S5 SC $c = 0,0 \text{ MPa}$, $\phi_{ef} = 26^\circ$, $\text{tg } \phi_{ef} = 0,488$

$$s = s' \cdot \text{tg } \phi_{ef} = 4,6 \cdot 10^3 \cdot 0,488 = 2,24 \cdot 10^3 \text{ Pa}$$

Souhrnná pevnost ve smyku zvlněných kořenů III. řádu

$$T_{3s} = s \cdot \pi \cdot d_3 \cdot l_k \cdot 0,5 \cdot n'_3 = 2,24 \cdot 10^3 \cdot 3,14 \cdot 2 \cdot 10^{-3} \cdot 0,452 \cdot 0,5 \cdot 2,431 = 0,856 \cdot 10^4 \text{ N}$$

souhrnná pevnost ve smyku kořenů II. řádu

$$T_{2s} = s \cdot \pi \cdot d_2 \cdot e_2 \cdot n'_2 = 2,24 \cdot 10^3 \cdot 3,14 \cdot 70 \cdot 10^{-3} \cdot 2,2 \cdot 1,4 = 1,517 \cdot 10^4 \text{ N}$$

souhrnná pevnost ve smyku kořenů I. řádu

$$T_{I,1} = s \cdot \pi \cdot 0,5 \cdot d_1 \cdot e_1 \cdot n'_1 = \\ = 2,24 \cdot 10^3 \cdot 3,14 \cdot 0,5 \cdot 145 \cdot 10^{-3} \cdot 3,07 \cdot 5 = 0,783 \cdot 10^4 \text{ N}$$

Tahová síla vyvozená větrným impulsem v těžišti zvedané části talíře

$$N_t = \frac{P_h \cdot H_t}{l_1} = \frac{1,066 \cdot 19,5 \cdot 10^4}{2,05} = 10,14 \cdot 10^4 \text{ N}$$

Po odečtení smykové pevnosti, tlhy balu a síly pro zlomení kořenů na závětrné straně zbývá na přetrhávání nejslabších prvků

$$N_t = N_t - G'_b - \sum_1 T_t - \Delta N_o = \\ = [10,14 - 6,67 - (0,86 + 1,52 + 0,78 + 1,01)] = -0,70 \cdot 10^4 \text{ N}$$

kde

$$\Delta N_o = \frac{(W_I + W_{II}) \cdot \kappa_{os}}{l_2} = \\ = \frac{(5,99 + 2,02) \cdot 10^{-4} \cdot 12,9 \cdot 10^6}{1,02} = 1,01 \cdot 10^4 \text{ N}$$

Výsledek značí, že náraz ještě nestačil buď ke zlomu silných kořenů, nebo k úplnému zrušení adhezního účinku. Při zpětném pohybu větrem nakloněného stromu se uvolněné suché kořeny zvlíněného průběhu zlomí.

Druhý náraz

Výsledné tahové síle N_t vzdorují kořeny III. řádu v počtu 0,5 n'_3 pevností v tahu: vyvozené napětí v tahu

$$\sigma_2 = \frac{4 (N_t - G'_b - \Delta N_o)}{0,5 \cdot n'_3 \cdot \pi \cdot d_3^2} = \\ = \frac{4 (10,14 - 6,0 - 1,01) \cdot 10^4}{0,5 \cdot 2 \cdot 431 \cdot 3,14 \cdot 2^2 \cdot 10^{-6}} = 8,2 \text{ MPa}$$

Byly zlomeny silné kořeny na závětrné straně a přetřeny elementy s pevností do 8,2 MPa. Narušením určitého podílu adheze se uvolní i část zeminy balu, takže jeho zvedanou tíhu je nutné redukovat např. o 10 %

$$G''_b = G'_b \cdot 0,9 = 6,67 \cdot 10^4 \cdot 0,9 = 6,00 \cdot 10^4 \text{ N}$$

Kořeny s pevností rovnou vypočtenému napětí v tahu se poruší, část jiných se při zpětném pohybu láme. Předpokládáme opět pokles počtu na polovinu a zmenšení tlhy balu o dalších 10 %:

$$G''_b = 6,67 \cdot 10^4 \cdot 0,8 = 5,34 \cdot 10^4 \text{ N}$$

Třetí náraz

$$\sigma_3 = \frac{4 (10,14 - 5,34) \cdot 10^4}{0,25 \cdot 2 \cdot 431 \cdot 3,14 \cdot 2^2 \cdot 10^{-6}} = 25,1 \text{ MPa}$$

Trhá a láme se další série kořenů, tíha balu se redukuje opět o 10 %:

$$G''_b = 6,67 \cdot 10^4 \cdot 0,7 = 4,67 \cdot 10^4 \text{ N}$$

Čtvrtý náraz

$$\sigma_4 = \frac{4 (10,14 - 4,67) \cdot 10^4}{0,125 \cdot 2 \cdot 431 \cdot 3,14 \cdot 2^2 \cdot 10^{-6}} = 57,3 \text{ MPa}$$

Je zřejmé, že zde již byla překročena průměrná pevnost suchých elementů a dojde s největší pravděpodobností k vývratu se zlomem v kořenech.

Příspěvkem jsem se pokusil vysvětlit mechanismus dějů, které probíhají při namáhání souší účinkem příčné vanoucího větru a poskytnout věcné schéma pro možnost objektivní prognózy poruch (zlomů a vývrátů) odumřelých stromů.

Literatura

- SEREDA, O., 1983. Vliv změn mechanických charakteristik dřeva nadzemní a podzemní části stromu na stabilitu porostu. *Lesnictví*, 29: 111–128.
SEREDA, O., 1985. Stabilita lesních porostů. [Závěrečná zpráva.] Brno: 55.
SEREDA, O., 1991. Statika lesních porostů. [Habilitation práce.] Brno: 164.
VICENA, I., 1978. Vývraty. *Lesnictví*, 24: 1083–1090.
ČSN 73 1001, 1987. Základová půda pod plošnými základny. Praha, VÚNM: 48.

Došlo 24. 3. 1994

THE SHARE OF DECAYED ROOT COMPONENT IN SPRUCE RESISTANCE TO WINDTHROWS

[†]O. Sereda

Mendel University of Agriculture and Forestry, Faculty of Forestry and Wood Technology, Brno

Decayed parts of the root system in spruce have different mechanical characteristics than the live ones. Tensile strength is approximately half the original value, modulus of elasticity is about 12% higher, bending

strength of dry roots is higher by 60%, and the modulus of elasticity may be up to threefold. Their elasticity defined by the ratio deformation at the limit of failure is considerably lower, 26% of the values of fresh ma-

terial during tensile stress and only 14% during bending. This fact influences the behavior of dead standing trees at their repeated exposure to wind gusts, and together with the actual conditions of the root ball of soil it determines the kind of destruction of dead tree if its crown is loaded by a transverse limit force.

Calculations were used to check the differences in the way of destruction of a live tree and of the same tree as a dead tree, and destructive forces of both the stationary wind flow and the wind gust were figured from the resistance of the anchoring root system. When the roots are tightly incased in the frozen or dry cohesive soil, the dead trees show higher resistance to break in roots as well as to stem break; this is still enhanced by an easier passage of wind through the crown deprived more or less of foliage and twigs. The bending strength of the dry wood of stem is also higher than in the live spruce trees.

The conditions are changing to the detriment of dead trees in the damp soil. Unlike the live roots, the fragile dry roots do not have the capacity of gradual decrease in strength at repeated exposure to ultimate tensile or

bending stress, but they are destroyed suddenly. This results in a precipitate pattern of failures when a part of the anchoring elements not incased tightly enough in the soil is suddenly destroyed due to tensile and bending stress at each wind gust, and a subsequent force impulse is concentrated on the decreasing number of resistant root diameters, the state of stress of which is gradually increasing to the ultimate strength of all the remaining. After several wind gusts of ultimate strength, a windthrow with break of roots must follow. The process is accelerated by a decrease in the weight of the ball of earth as the earth is falling from the roots, on the surface of which the movements interrupted adhesion. The study presents a practical instruction for objective investigation of the probable rate of dead tree stability under different soil conditions when the stand is exposed to strong wind, supplemented with numerical examples of calculations of its critical speeds.

mechanical characteristics of dead roots; mechanical stability of dead trees; wind gusts; critical speed of wind

Kontaktní adresa:

Doc. ing. Oleg [†]S e r e d a, CSc., Mendelova zemědělská a lesnická univerzita, Lesnická a dřevařská fakulta, Lesnická 37, 613 00 Brno, Česká republika

Kůrovec předmětem diskuse ve Skandinávii. – Je tomu tak především v Norsku, ale diskuse probíhá i ve Švédsku. Již ve druhé polovině minulého století byl lýkožrout smrkový předmětem zájmu. Tenkrát se diskutovalo o tom, zda tento kůrovec může usmrtit živý les. Tehdy existovaly dvě teorie – jedna o jeho značné škodlivosti, která tvrdila, že kůrovec může napadnout a usmrtit živý les, a druhá o jeho neškodlivosti, která předpokládala, že se kůrovec může vyvíjet v lese, který je stejně odsouzen k zahynutí. Dnes je každému jasné, že brouk může zdravý živý les usmrtit. Současná diskuse se týká tvrzení, že napadení kůrovcem je do značné míry spojeno s „intenzivním lesním hospodářstvím“. S tímto názorem přichází B. A. Tømmeraa. Nevádí, co rozumí pod pojmem intenzivní lesní hospodářství, zmiňuje holoseče, výsadbu, prořezávky a probírky jako nepřímé příčiny napadení kůrovcem. A. Bakke, autor feromonových pastí na kůrovce, upozorňuje na to, že napadení kůrovcem bylo např. v Norsku běžné na počátku 19. století; další kůrovcová kalamita byla zaznamenána v padesátých letech minulého století. Bakke zdůrazňuje, že tyto kalamity probíhaly dávno před tím, než se zavedlo moderní lesní hospodářství. Kalamity vyvolávají zpravidla polomy, vývraty a sucho. Když jsou takové podmínky počásí ve stejném časovém období, potom jsou škody značné. Tømmeraa se domnívá, že má důvod tvrdit, že moderní lesní hospodářství posunuje rovnováhu mezi hmyzem, který žije rostlinnou potravou, a jejich přirozenými nepřáteli (predátory) ve prospěch fytofágních druhů, které se živí rostlinami. Bakke se domnívá, že podle dnešní situace není důvod vinit lesní hospodářství za řádění kůrovce. Odpůrci rozšířených rezervací se bojí, že se kůrovec bude moci v rezervacích vyvíjet nekontrolovaně a že bude ohrožovat produkční les. Bakke prohlašuje, že k těmto obavám není vážnější důvod. Staví se ovšem také proti tvrzení Tømmeraa, že moderní lesní hospodářství může být hrozbou pro rezervace se starou kmenovinou. Bakke zdůrazňuje, že možnosti obou alternativ jsou minimální. – (NS, 1994, č. 4/5, s. 56) – *M. P a g a č*

KONFERENCE IUFRO S4.01.04

Ve dnech 24. až 29. září se v Praze konala konference *Růstové modely pro strategické rozhodování*. Konferenci sponzorovalo Ministerstvo zemědělství ČR, Výzkumný ústav lesního hospodářství a myslivosti Jíloviště-Strnady a Evropský lesnický ústav v Joensuu (Finsko). Přispěvky zaslalo 17 účastníků z osmi zemí.

Jednání bylo rozděleno do pěti částí, ve kterých byly postupně probírány nejdůležitější aspekty tématu konference, jeden večer byl věnován posterům a 28. září se uskutečnila jednodenní exkurze do Krušných hor.

Jednání konference oficiálně zahájil náměstek ministra zemědělství ing. P. Rybníček, který ve svém projevu zdůraznil potřebu hledání odpovědí na problémy, s nimiž se potýká nejen české lesnictví, ale i lesnictví evropské a světové. Ředitel Výzkumného ústavu lesního hospodářství a myslivosti Jíloviště-Strnady ing. K. Vančura vysvětlil užitečnost modelů pro jejich univerzálnost, jež umožňuje řešit celou řadu problémů lesního hospodářství.

Dr. S. Fox z Výzkumné stanice americké lesnické služby v Severní Karolině zahajovala odbornou část konference přehledem používaných modelů lesa v USA. Zabývala se rovněž zvyšováním relevantnosti lesnického výzkumu pro lesnickou politiku. Další jednání se soustředilo na jednotlivé příklady modelů z Ameriky a Evropy. Dr. R. Paivinen z Finska popsal strategický plánovací systém, který se používá pro velké lesní oblasti ve Finsku. Dr. D. S. Solomon vysvětlil model pro strategické rozhodování, jenž se používá v Nové Anglii v USA, a ing. I. Kupka, CSc., demonstroval filozofii řešení a nejdůležitější výsledky scénářů modelů lesa v České republice.

Z metodologického hlediska byly velice zajímavé modely C. D. Bevinse z USA, který popsal metodické řešení a použití modelu lesa, jenž používá LOKI softwarovou architekturu; dr. M. Gane z Anglie vysvětlil použití Timplanu jako modelu lesa, který bere v úvahu nejen produkci lesa, ale i poptávkovou část reprezentovanou trhem. Zajímavým aspektem prezentace bylo, že tento model byl použit i v rámci českého projektu PHARE pro lesnictví, který se u nás v současné době řeší. Tuto část konference vhodným způsobem doplnil výklad finského systému modelu lesa „Mela“, který vytvořil dr. M. Siitonen; dnes se oficiálně používá k prognózám vývoje finských lesů na základě inventarizačních dat.

Další část konference tvořily příspěvky modelující vlivy měnících se přírodních podmínek na růst a vývoj lesů. Sem patřil příspěvek prof. J. Hradetzského z Freiburgu, dr. J. Hynynena, jenž popsal model borových porostů, a P. Horáčka z Lesnické a dřevařské fakulty VŠZ v Brně, modelujícího vztah širše letokruhů ke klimatu.

Jednodenní exkurze do střední části Krušných hor byla vybrána na základě přání většiny účastníků, kteří jí dali přednost před návštěvou trvalých výzkumných ploch. Na exkurzi viděli zbytky zcela odumřelých smrkových porostů a zároveň výsledky obnovy lesa, provedené různými technologiemi. Během exkurze byla živě diskutována otázka náhradních (zejména březových) porostů a způsobu jejich převodu na porosty trvalé. S americkými lesníky byla diskutována i otázka vhodnosti amerických smrků v těchto podmínkách. Byla dohodnuta výměna dat a informací z listových analýz těchto dřevin.

Poslední den konference byl věnován diskusi ve třech odborných skupinách, které připravily závěry. Všichni účastníci se k nim v diskusi znovu vyjádřili a přijali je jako závěry konference.

První téma se týkalo vztahu lesnické politiky k modelům. Zde se konstatuje, že existuje řada modelů různých úrovní. Jejich úroveň je rovněž závislá na datech, která jsou k dispozici. Komplexnost modelů směřuje k tomu, aby braly v úvahu nejen otázky produkční a ekonomické, ale i otázky biodiverzity, přírodního prostředí a otázky sociální. Pokud se modely používají pro významná strategická a politická rozhodnutí, je důležité, aby mezi nimi existovala interakce.

Druhé téma charakterizovalo vztahy mezi modely a daty. Bylo zdůrazněno, že neexistuje univerzální model, který by byl vhodný ke všem potřebám. Použitelnost modelu je silně závislá na datech, která jsou k dispozici. Tato vazba funguje i zpětně, tzn., že modely ovlivňují kvalitu dat, jež se pro tyto modely zjišťují. Data jsou obvykle sbírána z různých zdrojů a je třeba je vhodným způsobem kombinovat. Lze očekávat potřebu dat, charakterizujících extrémní situace, které by umožnily valorizaci modelů, jež jsou tyto situace schopny modelovat. Poroste i potřeba dat, která by charakterizovala úroveň ekosystému nebo krajiny, tj. fragmentace systémů, existence biokoridorů atd.

Použití modelů pro strategické rozhodování bylo dosud typické zejména v oblasti zabezpečení trvalosti produkce dřeva, ale v současné době se stále více pozornosti věnuje modelům, jež simulují i jiné aspekty než jen produkci dřeva. Byla diskutována otázka, jaké informace a jaká data jsou potřebná k vytvoření dobrých modelů scénářů vývoje lesů a kdo má rozhodovat a posuzovat, které přístupy je nutné zvolit pro tyto scénáře. Mají to být odborníci, v tomto případě lesníci, nebo veřejnost?

Součástí konference bylo projednání otázek dalších aktivit českého a evropského výzkumu v rámci IUFRO.

Ing. Ivo Kupka, CSc.,
European Forest Institute, Joensuu, Finsko

K BIOLOGII ŠTĚTCONOŠE OŘECHOVÉHO [CALLITEARA (DASYCHIRA) PUDIBUNDA L.]

II. HOUSENKY A KUKLY

J. Urban

Mendelova zemědělská a lesnická univerzita, Lesnická a dřevařská fakulta, Lesnická 37,
613 00 Brno

Práce pojednává zejména o vývoji preimaginálních stádií a spotřebě potravy housenek štětconoše ořechového [*Calliteara (Dasychira) pudibunda* L.] v bučinách revíru Filipov (LS Strážnice). Ve studované gradační oblasti byla naprostá většina vajíček oplozena. Za tři týdny po vykladení se z nich od 5. 6. do 30. 6. líhly vaječné housenky, které se během vegetačního období šestkrát svlékaly (měly sedm instarů) a od konce září a v říjnu (případně začátkem listopadu) dorůstaly. Od začátku října až do začátku listopadu se zapřádaly v bukovém listu ležícím na povrchu půdy a tam se asi po týdnu kuklily. V souběžném laboratorním chovu na buku housenky procházely devíti instary; přitom ale celkový vývoj byl o měsíc kratší. Samičí housenky zkonzumovaly 61 000 (samičí 82 000) mm² listů a včetně tzv. plynutavého žiru zničily 67 000 (samičí 90 000) mm² listů o průměrné hmotnosti 41,82 g.m⁻² v sušině. Předposlední a poslední samičí instary zničily dohromady 89,3 (samičí 87,6) % z celkové poškozené listové plochy. Kromě teploty a délky světelného dne je délka vývoje, počet instarů a spotřeba potravy ovlivňována také kvalitou potravy. Na zakořeněných sazenicích brýzy, dubu, habru, javoru kleny, lípy a buku předpěstovaných v zatepleném skleníku se housenky (při 22 °C a deseti hodinové délce světla části dne) vyvíjely přes šest instarů pouhých 61 dnů, tj. poloviční dobu proti vývoji v přírodě. Obě pohlaví spotřebovala průměrně pouze 51 000 mm² listů a plynutavým žírem poškodila kolem 61 200 mm² listů brýzy o hmotnosti 38,04 g.m⁻² v sušině. Housenky přitom vyprodukovaly 2,5krát méně trusinek o téměř čtyřikrát menším celkovém objemu. Housenky předposledního instaru poškodily 12,4 a posledního instaru 83,9 % z celkové plochy poškozené všemi instary. Obrovský nárůst spotřeby potravy v závěru vegetační sezony souvisí s velikostí housenek i s nízkou trofickou kvalitou potravy, která v tuto pozdní dobu obsahuje vysoký podíl nestavitelných nebo obtížně stravitelných látek (zejména ligninu, hemicelulózy a celulózy).

Calliteara (Dasychira) pudibunda L.; embryonální vývoj; housenky; počet instarů; délka vývoje; spotřeba potravy; kuklení

ÚVOD

K bezpochyby nejzajímavějším důsledkům extrémně suchého a teplého počasí v posledních pěti letech patří rozsáhlá gradace štětconoše ořechového [*Calliteara (Dasychira) pudibunda* L.] ve středně starých a starších bučinách Bílých Karpat. V letech 1992 a 1993 tento škůdce postihl na obou stranách moravsko-slovenského pomezí stejnorodé a smíšené porosty na celkové výměře kolem 750 ha. Na moravské straně pohoří se nejvíce přemnožil na LS Strážnice v revíru Filipov, kde v r. 1992 způsobil holožír na ploše 100 ha (v r. 1993 150 ha) a v menší míře poškodil dalších 250 ha. Podobný rozsah poškození byl zaznamenán na slovenské straně Karpat v obvodech LS Myjava a Stará Turá. V r. 1993 se v menší míře přemnožil také v Hostýnsko-vsetínské vrchovině na LS Bystřice pod Hostýnem, kde způsobil úplnou defoliaci buků na ploše asi 10 ha.

Tento dendrofilní zástupce čeledi bekyňovitých (*Lymantriidae*) je v Evropě znám svými gradačními tendencemi. Jeho nejčastější a nejrozsáhlejší přemnožení byla zaregistrována ve Spolkové republice Německo a na Ukrajině. I přes široké rozšíření a hojný výskyt nebylo u nás dosud kalamitní přemnožení tak obrovského rozsahu nikdy zaznamenáno. Překvapivá velkoplošná defoliace na první pohled vitálních a dobře prosperujících bučin, nacházejících se ve druhém ochranném pásmu CHKO Bílé Karpaty, proto vyvolala u lesníků i u pouhých návštěvníků lesa hluboce tristní dojem. Ve spolupráci s pracovníky Lesů České republiky a Výzkumného ústavu lesního hospodářství a myslivosti v Jílovišti-Strnadlech (ing. M. Švestkou, DrSc.) jsme ihned přikročili ke kontrole početního výskytu, vývoje a zdravotního stavu škůdce v nejpostiženějších porostech. Cílem kontroly bylo podchytit celkový rozsah poškození, stanovit prognózu dalšího vývoje gradace a posoudit účinnost případného ochranného zásahu.

Předložený návrh optimální ochrany s využitím letecké aplikace biopreparátu na bázi *Bacillus thuringiensis*

giensis zn. Foray FC však nebyl rozhodnutím vedení CHKO Bílé Karpaty z 18. 6. 1993 akceptován. Propovídané ošetření neohroženějších hřebcových partií v k. ú. Javorník na ploše asi 140 ha (v případné koordinaci s dotyčnými LS na Slovensku) proto nebylo uskutečнено. Osud porostů primárně fyziologicky oslabených suchem a sekundárně stresovaných žírem štetčonoše tak byl ponechán spontánnímu vlivu přírodních autoregulačních sil.

Rozhodující úlohu při zaujetí zamítavého stanoviska Správy CHKO k zamýšlenému obrannému zásahu zřejmě měla skutečnost, že gradace tohoto škůdce mají vždy výrazně temporální charakter a zpravidla již ve druhém (třetím) roce dochází k jejich likvidaci virovým onemocněním housenek. Při zdůvodnění zamítavého postoje se mj. přihlíželo také ke skutečnosti, že intenzivní defoliaci působí teprve dorůstající housenky obvykle až koncem vegetační doby, kdy listy již z větší části splnily svou asimilační funkci. Na vnucující se otázky možného uspišení vývoje škůdce při silném přemnožení v porostech sužovaných suchem (a tím i na otázky možného zhoršení negativních dopadů poškození asimilačního aparátu dřevin během období intenzivní asimilace) nebylo možné při tomto rozhodování jednoznačně odpovědět. Zejména proto bylo na spontánně probíhající gradaci pohlíženo s jistými obavami o další osud nejvíce postižených porostů. Tyto neblahé pocity byly na druhé straně zčásti kompenzovány přesvědčením, že – stejně jako při přemnožení štetčonoše v mnoha jiných zemích – dojde i v případě této gradace k jejímu brzkému zániku v důsledku epizootického rozvoje polyedrie.

Přirozeného průběhu gradace bylo využito ke studiu biologie štetčonoše v přírodních podmínkách i v následných či souběžných laboratorních chovech. S některými poznatky týkajícími se morfologie motýlů, rozšíření, hostitelských dřevin, líhnutí a rojení motýlů i kladení vajíček byla odborná veřejnost seznámena v první části práce (Urban, 1994). Tento příspěvek poněkud podrobněji pojednává hlavně o vývoji preimaginálních stádií a spotřebě potravy housenek. Po vyhodnocení průběhu celé gradace by měla následovat studie o populační dynamice, hlavních mortalitních faktorech, gradologii a hospodářském významu tohoto škůdce.

Stručné zhodnocení dosavadního stavu znalostí o štetčonoši ořechovém je obsaženo v první části práce. Ze zhodnocení vyplývá, že bližších poznatků o vývoji embryí a housenek štetčonoše je v dostupné literatuře poskrovnu a drtivá většina z nich není kupodivu založena na systematickém studiu v přírodě či laboratoři. Vzhledem k nedostatku či absenci solidních údajů se práce zakládá především nebo výhradně na vlastním šetření.

Všeobecné poznatky o studované tematice přináší četná kompendia a práce o kalamitních přemnoženích škůdců v různých částech Evropy a hlavně v Německu (např. Chevandier, 1850; Anonymus, 1860; Beling, 1871; Lorey, 1876, 1877; Vollmar, 1879, 1889; Ekstein, 1917, 1933; Krausse, 1919a,b; Koehler, 1958; Švestka, 1993, a mnozí jiní). Podrobnější údaje o vývoji housenek přináší z Německa Vitě (1952) a ze Švédska Sylvén (1943). O vlivu světelných a teplotních podmínek na vývoj housenek v severních a jižních oblastech Ruska získali podrobné

a zajímavé poznatky Gejspic (1953) a Gejspic, Zarankina (1963). O výsledcích analýzy tloušťkového přírůstu modelových dubů, jejichž listů bylo z 80 až 100 % sežráno housenkami štetčonoše, informuje z Ukrajiny Paramonov (1935). Hlavní poznatky o vývoji embryí a housenek štetčonoše stručně shrnuje např. Wellenstein (1978).

Jestliže celkové hodnotíme dosavadní stav znalostí biologie štetčonoše jako neuspokojivý, pak toto tvrzení daleko nejvíce platí o současném stupni poznání vývoje housenek a zejména o jejich spotřebě potravy, která se dosud nikdy podrobněji nezkoumala. A právě tyto dvě důležité otázky, které bezprostředně souvisejí se škodlivostí štetčonoše v lesích i v ovocných sadech, byly předmětem vlastního šetření.

METODY

Zevrubný popis přírodních a hospodářských poměrů včetně použité metodiky je uveden v první části práce. Zde se omezíme pouze na rekapitulaci základních informací. S výzkumem se začalo v r. 1992 v centru holoziru (v porostu 558 E 7 a 555 C 4) v revíru Filipov (LS Strážnice). V r. 1993 byl škůdce navíc systematicky sledován v sousedním dohola ožraném porostu 558 A 9, který byl v r. 1992 poškozen slabě. Porost 558 E 7 tvořila 75letá kmenovina se 70% zastoupením buku 1. bonitního stupně a s příměsí smrku a modřínu, porost 558 A 9 pak 90letá kmenovina s 90% zastoupením buku 2. bonitního stupně a s příměsí smrku a modřínu. Porost 555 C 4 se nacházel na méně výhodném stanovišti a byl tvořen 40letou tyčevinou 5. bonitního stupně s 30% zastoupením buku a s vysokým podílem smrku a modřínu. Výzkum se zde prováděl v části porostu s více než 80% zastoupením buku. Kromě uvedených lokalit, na kterých došlo během studia alespoň v jednom roce k silné defoliaci buků, byly sledovány také některé méně poškozené porosty.

Většina šetření se uskutečnila v r. 1993, kdy gradace štetčonoše zřejmě vrcholila. Kontroly vajíček a housenek probíhaly zhruba ve třítydenních intervalech. Na terénní šetření navazovala podrobná laboratorní šetření. Prohlídkou hrabanky v místech s různou intenzitou napadení byl 18. 11. 1992 a 7. až 9. 5. 1993 zjištěn počet životaschopných kulek. Kukly získané na podzim r. 1992 prožily období chladu v lednici při teplotě 0 °C a potom byly 2. 3. 1993 přemístěny do teploty 22 °C k vyhlídnutí. Již po 14 dnech se líhli motýli, kteří byli dávaní do chovných skleněných válců (o výšce 50 cm a průměru 40 cm skrytých jemnou monofilovou tkaninou) nebo do chovných klíček (o rozměrech 20 x 20 x 30 cm), zhotovených z jemného pletiva. Do válců byly předem umístěny květináče s olisťnými sazenicemi šesti druhů dřevin (břízy, habru, javoru klenu, dubu, lípy a buku). Použité sazenice prodělaly hibernační období koncem r. 1992 v přírodě a začátkem r. 1993 byly umístěny do zařezaného sklenku. I přes poměrně krátké období chladu všechny sazenice (s výjimkou části sazenic buku) dobře rašily a byly použitelné pro chov housenek, které se mezitím vyhlíhly z vajíček oplozených a vykladených samičkami v chovných válcích nebo v chovných klíčkách.

Cílem uspišeného chovu 210 housenek (vyhlíhlých spontánně 31. 3. 1993 z jedné vaječné snůšky) na předražených dřevinách bylo především zjistit výskyt a přenos latentní jaderné polyedrie (determinoval Dr. J. Weiser, DrSc., Praha) z přezimujících kulek na motýly, vajíčka a housenky. Výsledkem tohoto chovu se původně přikládal nemalý význam při rozhodovacím řízení o účelnosti letecké aplikace přípravku Foray FC na housenky mladších instarů. V uvedeném chovu housenek se v období od 1. 4. do 14. 6. 1993 viróza nevyskytla. Velká většina housenek úspěšně dokončila svůj vývoj, zakuklila se a po necelých 14 dnech kuklového stadia dala v červnu 1993 (tj. bez diapauzy) vznik imágům. Absenci virového onemocnění v chovu však nebylo možné považovat za důkaz absence viru v přírodě, který zde dlouhodobě perzistuje v půdě (Thompson, Scott, 1979) a podle Jahna, Webera (1966) je na housenky přenášen ovarialně.

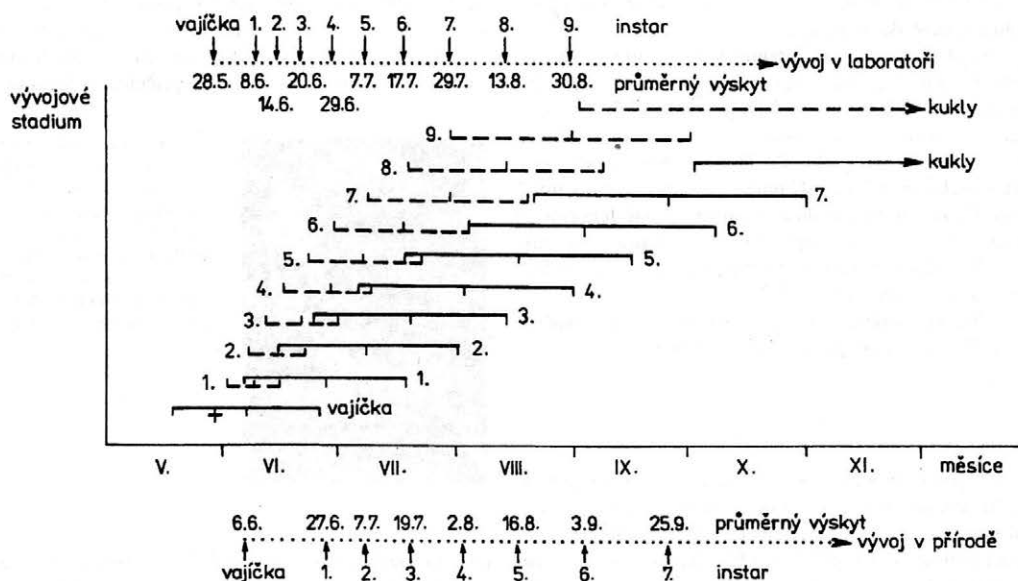
Živým housenkám chovaným na uvedených dřevinách byla v pravidelných třítydenních až čtyřtydenních intervalech mikrometricky

měřena šířka hlavové schránky. V rámci jednotlivých instarů housenek byly v době bezprostředně po svlečení pečlivě vybírány soubory pěti až deseti samčích housenek (s podprůměrnou šířkou hlavy) a stejný počet samičích housenek (s nadprůměrnou šířkou hlavy). Tyto housenky byly samostatně umísťovány do Petriho misek a krmeny listy břízy a buku. Plocha listů poškozená housenkami byla zjišťována pomocí čtverečkového milimetrového papíru (u nejmenších instarů housenek) nebo planimetry. Při zjišťování plochy listů poškozené středně starými a staršími housenkami bylo nutné měřit plochu listů také před jejich předložení ke konzumaci. Kromě zkonzumované listové plochy o známé hmotnosti 1 m² v sušině byla exaktně sledována defekace housenek (počet, rozměry a objem trusinek v přirozeném stavu a hmotnost trusinek v sušině).

Vývoj housenek v laboratorii byl pečlivě sledován i v době odpovídající přirozenému výskytu housenek v přírodě (tj. v období dlouhého dne). Chov byl založen 1. 6. 1993 vajíčky dovezenými z přírody. Po celou dobu žíru byly housenkám předkládány listy o určité hmotnosti 1 m² v sušině. S metodickými obtížemi (a proto opakovaně) byla zjišťována průměrná hmotnost 1 m² listů buku pocházejících z oblasti přemnožení štetčonoše. Chov probíhal až do pátého instaru nerušen. V šestém instaru se u některých housenek začaly projevovat první příznaky virového onemocnění a v dalších instarech byla polyedrit postižena naprostá většina housenek. I přes tyto problémy byl experimentální chov úspěšně dokončen zejména díky housenkám paralelně chovaným ve stejné laboratorii na javoru kleny, které byly vůči viru mnohem odolnější. Podobně jako v předcházejícím chovu byly housenkám měřeny šířky hlavové schránky a u samičích i samičích exemplářů jednotlivých vývojových stupňů se zjišťovala spotřeba potravy včetně defekace.

Výsledky chovů byly konfrontovány s vývojem vajíček i housenek v přírodě. Při terénních exkurzích byl hodnocen početní, vývojový i zdravotní stav housenek. U souborů housenek odebraných z přírody (čítajících nejméně 300 kusů) byla v každém termínu kontroly mikrometricky měřena šířka hlavy. Z housenek pocházejících z vitálních chovů v zajetí byly vyčleňovány 20leté až 50leté soubory čerstvě svlečených samčích i samičích housenek jednotlivých instarů a umísťovány do Petriho misek s mírně navlhčenou vatou ke zjištění doby života bez potravy. Tímto postupem se získaly poznatky umožňující jejich bližší interpretaci.

Motýli štetčonoše se líhnou ve druhé polovině května a začátkem června z kulek přezimujících v západních mezi opadlým listím na povrchu půdy. Brzy po vyhlíhnutí a kopulaci kladou samičky vajíčka. Umísťují je hlavně na kůru kmenů a větví od tloušťky 10 mm, nejvíce pak na spodní části korun a horní části kmenů pod korunami. Často celou svou zásobu vajíček vykládou jednorázově do jedné snůšky (maximálně do dvou až tří menších snůšek). Snůšky tvoří zpravidla jednovrstevné skupiny vajíček, uspořádaných do šikmých, těsně k sobě přiléhajících řad. Ve skupině bývá průměrně 160 (v centru přemnožení 120) vajíček. Vajíčka jsou ve skupině orientována mikropylemi nahoru a přilepena jak k podkladu, tak k sobě navzájem, takže celá skupina vytváří s podkladem víceméně kompaktní útvar. Velká většina vajíček bývá oplodněna a tedy schopná dalšího vývoje – např. ze 6 000 vajíček (50 vaječných skupin) odebraných 26. 5. 1993 v centru přemnožení (v porostu 558 E 7) se nevyhlíhlo pouze 320 vajíček (tj. pouhých 4 %). Vajíčka byla vykládána motýly, kteří se tam líhli v poměru 1,40 : 1 ve prospěch samečků. V místech středního žíru (555 C 4), kde byl poměr počtu samečků k samičkám 1,26 : 1, bylo neoploštěno 7 % vajíček a v místech slabého žíru (v části porostu 558 E 7) bylo při značné převaze samiček nad samečky (0,59 : 1) neoploštěno 16 % vajíček. Je tedy možné konstatovat, že s nárůstem populační hustoty škůdce stoupá nejen podíl samečků mezi dospělci (z 37 na



1. Vývoj štetčonoše (*Calliteara pudibunda* L.) v bukových porostech na LS Strážnice (revír Filipov) v roce 1993 (plně) a na stejné dřevině v laboratorii (čárkovaně). Vajíčka dovezena z přírody 28. 5. 1993 – Development of the red tail moth (*Calliteara pudibunda* L.) in beech stands in the Strážnice forest district (Filipov hunting grounds) in 1993 (solid line) and on the same tree species in a laboratory (broken line). The eggs brought from the forest on 28th May 1993

téměř 59 %), ale i podíl oplozených vajíček (z 84 na 96 %).

I když se motýli lhnou za příznivých podmínek dost spontánně, proces kladení vajíček se protahuje zhruba na měsíc. V r. 1993 se vajíčka vyskytovala od 17. 5. do 26. 6. (nejhojněji kolem 6. 6. – obr. 1). Rychlost vývoje vlastního zárodku je zvláště v první fázi vývoje (tj. v období rýhování a tvorby zárodečné pásky) velmi závislá na teplotě a vlhkosti. V období stravování živného žloutku (deutoplazmy) embryem a tvorby vaječné housenky je rychlost vývoje ovlivňována počasiem již méně. Ve druhé polovině května bývá průměrná teplota ještě poměrně nízká, takže embryonální vývoj probíhá zpočátku pomalu a teprve s oteplováním v červnu se poněkud zrychluje. Vůči teplotním výkyvům jsou vajíčka velmi odolná. Krátkodobý pokles teploty i hluboko pod bod mrazu pro ně není letální. Odolnost vůči nepřízní počasí i různým nepřítelům se do značné míry podobají některým ostatním zástupcům čeledi (např. *Orgyia antiqua* L., *Leucoma salicis* L., *Lymantria monacha* L. a *L. dispar* L.), u nichž však zimuují vajíčka a nikoliv kukly.

Obě fáze embryogeneze v přírodě trvají asi 21 dnů, za studeného počasí i přes měsíc. O třítydenním embryonálním vývoji informují Sylvén (1943), Vité (1952), Wellenstein (1978), Švestka (1993) aj. Poměrně dlouhý embryonální vývoj je možné považovat za jednu z příčin celkového opoždění vývoje housenek a posunu jejich žíru do konce vegetační sezony. V laboratorním prostředí (při konstantní teplotě 22 °C a 60% relativní vzdušné vlhkosti) trvá embryogeneze podstatně kratší dobu (kolem deseti dnů). Mladé larvy opouštějí vaječné schránky hlavně v době od 4 do 12 hodin. Housenky ze stejné vaječné skupiny se lhnou vždy skoro současně.

Ve zkoumané oblasti přemnožení nejsou vajíčka napadána hmyzími endoparazitoidy ani poškozována jinými činiteli. Lhnutí vaječných larev probíhá bez obtíží a z drtivé většiny oplozených vajíček se lhnou životaschopné housenky. Při lhnutí si housenky na boku vajíčka (mimo tmavší mírně propadlý terčík s mikropylí) vykousou v druhotné vaječné bláně (chorionu) malý otvor, který postupně rozšiřují do stran; jím pak vaječný obal opouštějí. Otvory mívají nejčastěji oválný tvar a minimální velikost 0,55 x 0,41 mm; mají nepravidelně vykousané stěny a ve stejné skupině vajíček bývají orientovány vždy stejným směrem.

HOUSENKY

Na jihovýchodní Moravě se housenky vyvíjejí přes sedm instarů. Čerstvě vylíhlé housenky jsou 3,5 mm dlouhé. Dorostlé housenky jsou až 5,5 cm dlouhé a samičí jedinci jsou v průměru vždy delší než samčí. Pro všechna vývojová stadia housenek je charakteristické bohaté ochlupení a vychlípitelné bradavky na hřbetě šestého a sedmého zadečkového článku. Relativně nejvíce ochlupené jsou housenky prvního instaru po vy-

lhnutí. Dlouhé černé chlupy, opatřené četnými výběžky (tzv. vznášecí chlupy), dodávají mladým housenkám společně odpočívajícím vedle vaječných obalů v tzv. zrcátkách vzhled malého chlupatého polštářku. U housenek prvního až třetího instaru chloupky paprskovitě vybíhají z osmi bradavek umístěných na každém článku. Nejnapadnější jsou u nich skupiny chloupků na mohutných postranních bradavkách prvního hrudního článku.

Housenky čtvrtého instaru mají na hřbetě prvních dvou (u vyšších instarů prvních čtyř) zadečkových článků žluté (u starších housenek často žlutohnědé až šedohnědé) štitce a malý načervenalý (u starších housenek dlouhý a zřetelně červený až hnědý) trs hřbetních chlupů na osmém článku zadečku, směřující šikmo dozadu nebo kolmo vzhůru.

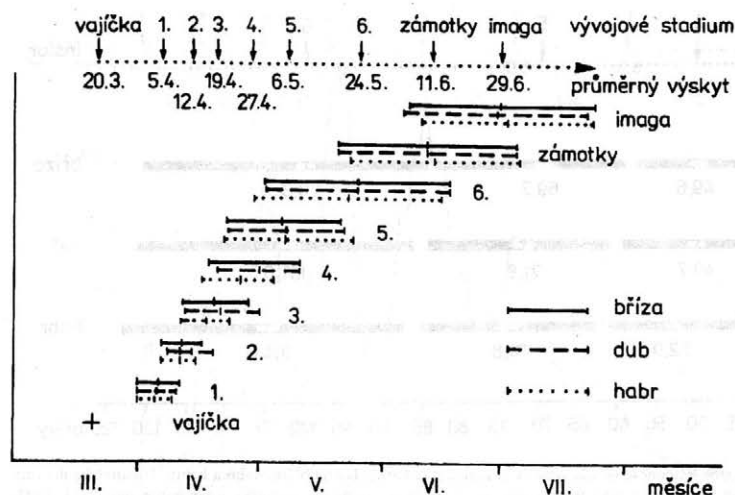
Základní zbarvení housenek se různí a to jak u jednotlivých instarů, tak u stejného instaru. Je výsledkem kombinace zbarvení kutikuly se subkutikulárními pigmentozními zrny, které podle Meyera (1929, in Escherich, 1931) nejsou totožné s chlorofylem ani jeho deriváty. Mladé, čerstvě vylíhlé housenky jsou zpočátku žluté, později (během žíru) žlutozelené a nakonec opět žluté. Obdobné barevné změny je možné pozorovat také u ostatních vývojových stupňů housenek. Kontinuální změny zbarvení housenek stejného stupně souvisejí s přirozeným potravním rytmem, během něhož zvířata poměrně dlouhou dobu před svlékáním (i po něm) nepřijímají potravu. Starší housenky a zejména poslední instary se vyznačují daleko větší rozrůzněností základního zbarvení. Existují u nich jak formy žlutozelené, tak i formy tmavě hnědé a mezi nimi celá škála forem přechodných. Spodní strana starších housenek je na rozdíl od housenek mladších zbarvena odlišně než strana svrchní. Obvykle bývá šedá, šedohnědá, někdy skoro až černá. V oblasti přemnožení v revíru Filipov formy světlé (obr. 2) početně trojnásobně převládaly nad tmavými, přičemž v laborator-



2. Dorostlá housenka šestého instaru štitconoše ořechového (*Calliteara pudibunda* L.) na listu břízy. Laboratorní chov, 17. 5. 1993 – A mature larva of the sixth instar of the red tail moth (*Calliteara pudibunda* L.) on a birch leaf. Laboratory rearing, 17th May 1993

ních chovech tomu bylo naopak. Zbarvení housenek nijak nespojuje s zbarvením motýlů ani s jejich pohlavím, jak se mylně domníval Chevandier (1850).

Základní zbarvení housenek druhého vývojového stupně je doplněno tmavou podélnou hřbetní kresbou,



3. Vývoj štětconoše ořechového (*Calliteara pudibunda* L.) z vajíček vykladených 20. 3. 1993 v laboratoři stejnou samicí. Vajíčka se spontánně vylhla 31. 3. 1993. Housenky byly po 70 kusech přemístěny na jednotlivé dřeviny předpěstované ve skleníku. Laboratorní chov, 1993 – Development of the red tail moth (*Calliteara pudibunda* L.) from the eggs laid by one female in a laboratory on 20th March 1993. The egg eclosion was spontaneous on 31st March 1993. The larvae were transferred by 70 individuals to the particular species precultivated in the greenhouse. Laboratory rearing, 1993

kteřá je u třetího instaru výraznější. Ve čtvrtém instaru se mezi čtvrtým a pátým (a někdy i mezi pátým a šestým) segmentem objevuje sametově černá hřbetní kresba. Ta se u starších housenek stává zřetelnější. U dospělých housenek je nejnápadnější mezi čtvrtým až sedmým článkem. Při vyrušení (např. při dotyku) se housenky stáčí na břišní stranu do oblouku; přitom se odhalují černé zářezy a současně je chráněna citlivá břišní strana housenek. Toto výhrůžné obranné postavení zaujímají housenky v nebezpečí i při odpočinku. Hrozícímu nebezpečí se housenky snaží někdy uniknout tím, že se pouštějí dřevin a padají na zem. Obranný význam mají také lehce lámavé chlupy, které mohou při styku s citlivou pokožkou působit její poranění a vyvolávat ekzémy. Ztrátu chlupů housenky snášejí bez jakýchkoli následků. Zvláštní jedové žlázy, jejichž výměškem by byly chloupky naplněny, se u štětconoše nevyskytují (Weidner, 1936).

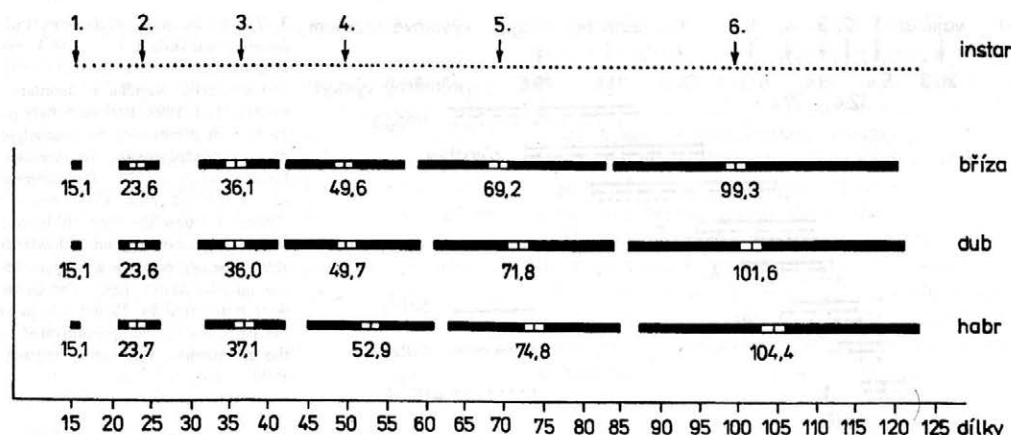
POČET VÝVOJOVÝCH STUPŇŮ

Vývoj housenek jednotlivých instarů štětconoše je dalekosáhle ovlivňován teplotou a délkou světlé části dne. Gejspic, Zarankina (1963) zjistili, že pro délku vývoje housenek neplatí pravidlo sumy efektivních teplot, protože v protikladu k většině druhů hmyzu je délka vývoje štětconoše v teplejších (jižních) oblastech ve srovnání s chladnějšími (severními) oblastmi mnohem delší. Vyšší teplota na jedné straně sice zkracuje délku vývoje jednotlivých (a zvláště pak nižších) instarů, na straně druhé však vyvolává dodatečná svlékání, jimiž se vývoj celkově prodlužuje. Citovaní autoři dospěli k závěru, že nižší teploty a krátký den způsobují intenzivní nárůst hmotnosti u nižšího počtu instarů housenek a celkové úspěšné doby vývoje. Nejnižší počet pět až šest instarů uvádějí u housenek chovaných při relativně nízké teplotě (15 °C) a desetihodinové do-

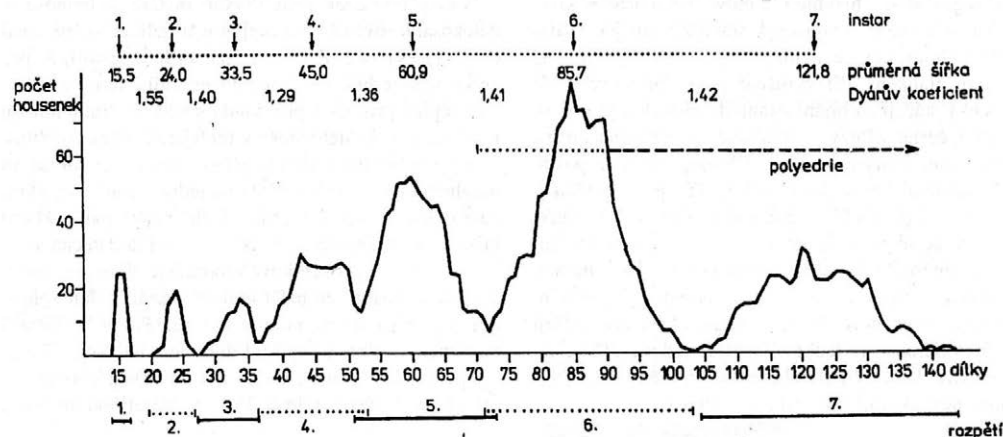
1. Průměrná plocha listů břízy o hmotnosti 38,04 g·m⁻² v sušině poškozená samičkami a samičkami housenkami štětconoše ořechového (*Calliteara pudibunda* L.) v jednotlivých instarech. Je uveden průměrný počet trusinek, jejich rozměry, objem a hmotnost po vysušení při 95 °C. 1 mm³ čerstvých trusinek váží 0,0006642 g, po vysušení 0,0002195 g. Břízy byly pro chov předpěstovány ve skleníkovém prostředí. Laboratorní chov, březen až červen 1993 – Average leaf area in birch at the weight of 38.04 g/m² in dry matter damaged by the male and female larvae of the red tail moth (*Calliteara pudibunda* L.) in the particular instars. Average number of excrements, their size, volume and weight after drying at 95 °C are presented. 1 mm³ of fresh frass weighs 0.0006642 g, after drying 0.0002195 g. The birch plants for larval rearing were precultivated in the greenhouse. Laboratory rearing, March to June 1993

Instar ¹	Poškozená plocha ²		Počet trusinek ³	Délka / průměr ⁴ (mm)	Objem jedné trusinky ⁵ (mm ³)	Objem trusinek ⁶		Hmotnost sušiny ⁷ (g)
	(mm ²)	(%)				(mm ³)	(%)	
1.	101,3	0,2	111,6	0,36/0,20	0,011	1,3	0,03	0,0003
2.	207,4	0,4	114,8	0,49/0,35	0,047	5,4	0,14	0,0012
3.	458,8	0,9	123,0	0,63/0,45	0,100	12,3	0,31	0,0027
4.	1 123,0	2,2	174,6	0,95/0,70	0,365	63,8	1,61	0,0140
5.	6 350,2	12,4	183,4	1,35/1,14	1,377	252,6	6,36	0,0554
6.	42 781,3	83,9	368,0	2,60/2,20	9,878	3 635,2	91,55	0,7980
Celkem ⁸	51 022,0	100,0	1 075,4	–	–	3 970,6	100,00	0,8716

¹ instar, ² damaged area, ³ number of excrements, ⁴ average length, ⁵ volume of one excrement, ⁶ excrement volume, ⁷ dry weight, ⁸ total



4. Šířka hlavové schránky jednotlivých instarů štětcoňose ořechového (*Calliteara pudibunda* L.) na bříze, dubu a habru. Hostitelské dřeviny byly urychleny ve skleníku. Vajíčka (po 70 kusech na každé dřevině) pocházela od stejné samičky ze snůšky v laboratorii dne 20. 3. 1993. Laboratorní chov, 31. 3. až 4. 6. 1993 – The width of the head outer covering in the particular instars of the red tail moth (*Calliteara pudibunda* L.) in birch, oak and hornbeam. The host plants were forced in the greenhouse. The eggs (70 eggs on each tree species) were laid by one female in the laboratory on 20th March 1993. Laboratory rearing, 31st March to 4th June 1993

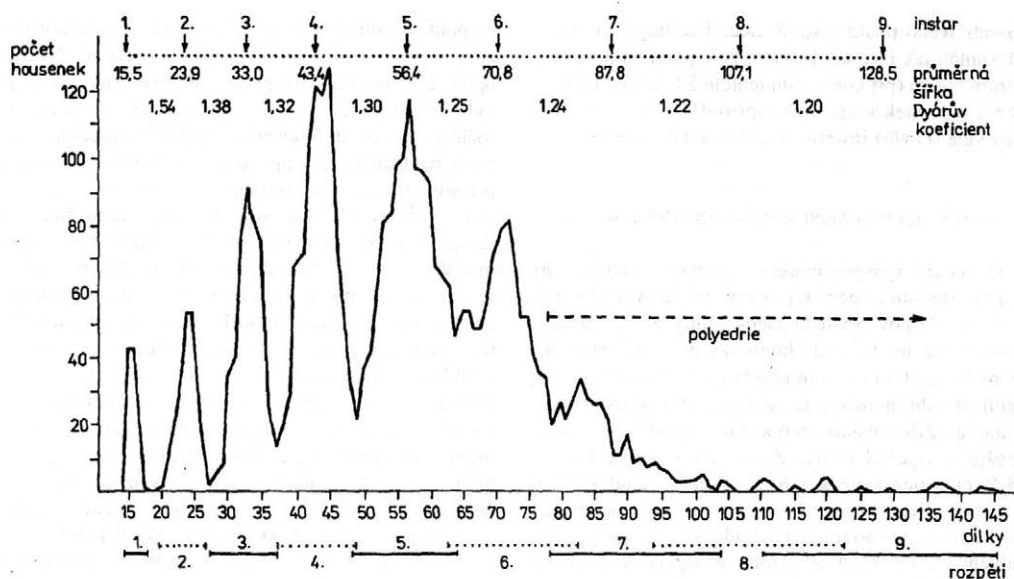


5. Šířka hlavové schránky housenek jednotlivých instarů štětcoňose ořechového (*Calliteara pudibunda* L.) v přírodě na buku. Změřeno 2 745 housenek (1 dílek = 0,0357 mm). LS Strážnice (revír Filipov), červen až říjen 1993 – The width of the head outer covering of the larvae of the particular instars of the red tail moth (*Calliteara pudibunda* L.) in the natural environment on beech. A total of 2,745 larvae were measured (1 bar = 0.0357 mm). Strážnice forest district (Filipov hunting grounds), June to October 1993

bě osvětlení, nejvyšší počet devět až jedenáct instarů při teplotě 25 °C a 24hodinovém osvětlení.

Vlastními chovy housenek byl prokázán mimořádný vliv kvality potravy jak na celkovou dobu vývoje housenek, tak na celkový počet instarů i celkovou spotřebu potravy. Housenky spontánně vylíhly 31. 3. 1993 v laboratoři z vajíček vykladených jednou samičkou 20. 3. 1993 byly živěny jemným listím břízy, dubu, habru, javoru klenu, lípy a buku, čerstvě vyrašeným v zatepleném skleníku. Všechny housenky se na každé z těchto dřevin vyvíjely shodně přes šest instarů (obr. 3, 4 a tab. I). Poměrně vysoká konstantní teplota 22 °C,

relativně krátký den a velmi kvalitní potrava (rostoucí sazenice v květináčích) způsobily, že první dorostlé housenky se začaly zapřádat již 17. 5., poslední 15. 6. 1993 (průměrně kolem 31. 5.), tzn. že celkový vývoj housenek proběhl za extrémně krátkou dobu 61 dnů. V chovech autorů Gejspic, Zarankina (1963) se housenky vyvíjely za podmínek krátkého dne (doba osvětlení deset hodin) při teplotě 15 °C 63 dnů, při 20 °C 73 dnů a při 25 °C 117 dnů. Při teplotě 15 °C vytvářely pět až šest instarů, při 20 °C sedm a osm instarů a při 25 °C osm a devět (deset) instarů. V našich chovech byla délka světlé části dne zhruba stejná,



6. Šířka hlavových schránek housenek štětconoše ořečového (*Calliteara pudibunda* L.) v laboratorních podmínkách na buku. Vajíčka dovezena z přírody 28. 5. 1993. Změřeno 3 815 housenek prvního až devátého instaru (1 dílek = 0,0357 mm) – The width of the head outer coverings of the larvae of the red tail moth (*Calliteara pudibunda* L.) in laboratory conditions on beech. The eggs were brought from the forest on 28th May 1993. A total of 3,815 larvae of the first and ninth instar were measured (1 bar = 0.0357 mm)

ale housenky byly živěny výživnějším a lehčejí stravitelným listím. V chovech ruských autorů byly housenky krmeny vyzrálým listím vyrostlým v přírodě a při stejné době osvětlení a teplotě dorůstaly během 83 dnů, tj. o 22 dnů později. Ve vlastních chovech housenek živěných kvalitní potravou byl také celkový počet instarů o dva nižší.

Na všech dřevinách se samčí i samičí housenky (pocházející z jedné snůšky) vyvíjely přes šest instarů; z toho vyplývá, že druh použité dřeviny neměl na počet

instarů housenek žádný vliv. V kapitole o spotřebě potravy je zdůrazněn podstatný vliv kvality potravy na velikost poškozené listové plochy a počet i objem (resp. hmotnost v sušině) vyprodukovaných trusinek (tab. I).

V bučinách Bílých Karpat probíhá vývoj štětconoše sedmi instary (obr. 1 a 5). Rozdíly v ekologickém prostředí zkoumaných porostů se do jisté míry promítaly do rychlosti vývoje housenek (např. v tyčovině – porost 555 C 4 – byl vývoj poněkud rychlejší), nikoliv však

II. Průměrná plocha listů buku o hmotnosti 41,82 g.m⁻² v sušině zničená jednou samčí housenkou štětconoše ořečového (*Calliteara pudibunda* L.) v jednotlivých instarech včetně průměrného počtu, rozměrů, objemu a hmotnosti trusinek. Hmotnost 1 mm³ trusinek v čerstvém stavu je po vysušení při 95 °C 0,00021951 g. Laboratorní chov, červen až září 1993 – Average leaf area in beech at the weight of 41.82 g/m² in dry matter damaged by one male larva of the red tail moth (*Calliteara pudibunda* L.) in the particular instars including the average number, size, volume and weight of excrements. The weight of 1 mm³ of fresh excrements is 0.00021951 g after drying at 95 °C. Laboratory rearing, June to September 1993

Instar ¹	Poškozená plocha ²		Počet trusinek ³	Délka/průměr ⁴ (mm)	Objem jedné trusinky ⁵ (mm ³)	Objem trusinek ⁶		Hmotnost sušiny ⁷ (g)
	(mm ²)	(%)				(mm ³)	(%)	
1.	84,4	0,1	251,0	0,38/0,23	0,016	4,0	0,04	0,0009
2.	151,9	0,2	260,0	0,51/0,36	0,052	13,5	0,13	0,0030
3.	227,8	0,4	253,8	0,75/0,46	0,125	31,6	0,30	0,0069
4.	533,5	0,9	255,0	0,89/0,58	0,235	59,9	0,58	0,0131
5.	766,8	1,3	203,4	0,96/0,74	0,413	84,0	0,80	0,0184
6.	1 701,0	2,8	256,2	1,12/0,94	0,777	199,0	1,91	0,0437
7.	3 420,0	5,6	271,8	1,53/1,17	1,644	446,9	4,28	0,0981
8.	10 800,0	17,6	295,0	2,10/1,56	4,012	1 183,5	11,34	0,2598
9.	43 500,0	71,7	666,0	2,84/2,38	12,628	8 410,4	80,62	1,8462
Celkem ⁸	61 185,4	100,0	2 712,2	–	–	10 432,8	100,00	2,2901

For 1 – 8 see Tab. I

do celkového počtu instarů. Sedmi instary procházejí jak samčí, tak i samičí housenky. V paralelním laboratorním chovu (při konstantní teplotě 22 °C) byl celkový vývoj housenek kratší než v přírodě, třebaže probíhal přes více (devět) instarů (obr. 1 a 6, tab. II a III).

VÝVOJ HOUSENEK PRVNÍHO INSTARU

O období výskytu housenek prvního instaru v dostupné literatuře neexistují žádné údaje. V r. 1993 se v revíru Filipov první housenky líhly 5. 6., poslední koncem června. Poslední housenky prvního instaru bylo možné zastihnout ještě kolem 20. 7. Housenky se po vylíhnutí shromažďují na snůšce nebo bezprostředně kolem ní. Zde většinou odpočívají a zprvu také okusují opuštěné vaječné obaly. Zkonzumují obvykle 30 až 95 % chorionu vajíček. Obaly vajíček vykladených na relativně rovnou podložku bývají ožrány buď stejnoměrně, nebo – častěji – poněkud více při okrajích bývalých snůšek. Části chorionu přilepené k podkladu jsou pro vaječné housenky, které mají jen slabě vyvinutá kusadla, většinou nedosažitelné. Tohoto prvního zdroje potravy zpravidla nevyužívají housenky vylíhlé z vajíček umístěných na listy. Zbytky chorionu spolu s nevylíhlými neoplozenými vajíčky setrvávají na kůře stromů často až do jara příštího roku, kdy vlivem sekundárního přírůstu stromů a počásí se stromů postupně odpadávají.

Mladé housenky zůstávají pospolu v tzv. zrcátkách po dobu tří až šesti dnů (za studeného počasí i déle). Housenky zprvu nahloučené těsně jedna vedle druhé se během této doby obvykle přemisťují poněkud do stran; tím se „zrcátko“ plošně o něco zvětší a nabývá podoby nepravidelného límce, který těsně obklopuje housenkami neobsazenou plošku se zbytky vaječných obalů. Potom se silně pozitivně fototropické housenky vydávají

na pouť za potravou do korun stromů. V laboratorních chovech se housenky chovají trochu odlišně. Některé opouštějí „zrcátka“ již první (jiné až druhý) den po vylíhnutí a během třetího dne se všechny housenky rozlézají do okolí. Housenky vylíhlé z vajíček umístěných na listech začínají čepel poškozovat již druhý, případně třetí den po vylíhnutí.

Čerstvě vylíhlé housenky mají nepatrnou hmotnost (kolem 0,4 mg – Sylvé, 1943). Mají dobře vyvinuté nohy a po několika dnech jsou značně pohyblivé. Housenky vylíhlé z vajíček umístěných v korunách starších buků se na listy dostávají již během několika málo minut až hodin po opuštění „zrcátek“. Housenky vylíhlé na kmeni musí co nejrychleji překonat vzdálenost 20 i více metrů, než získají první potravu. Pokud při cestě do korun narazí na olistěnou větev na kmeni, usazují se na ni a ihned přistupují k žíru. Jestliže se hladovějícím housenkám potravu nepodaří během několika dnů nalézt, pouštějí se často podkladu a padají na zem, kde mají určitou možnost nalézt potravu dřevinného či bylinného charakteru a přežít nejkritičtější období vyhledávání potravy.

Housenky mají dobře vyvinutou snovací schopnost. Mladé housenky vytvářejí dlouhá, ohebná a nesmírně jemná, pouhým okem sotva viditelná vlákna, po kterých se mohou spouštět i vylézat. Dlouhá vlákna a chlupy jim při minimální hmotnosti umožňují snadné rozšiřování se pomocí větru, který je může pasivně unášet i do značných vzdáleností od místa vylíhnutí. Housenky prvního vývojového stupně mohou turbulentní vzdušné proudy přemisťovat také vertikálně.

Po několika dnech usilovného, ale marného vyhledávání potravy (k tomu dochází nejčastěji ve starých, stinných bukových porostech bez přízemní vegetace) vyhladovělé housenky hynou. Podle výsledků vlastních hromadných laboratorních chovů mohou bez potravy žít sedm až devět (průměrně osm) dnů (Vité, 1952,

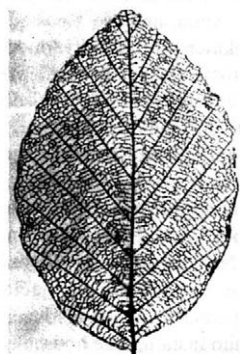
III. Průměrná plocha listů buku o hmotnosti 41,82 g.m⁻² v sušině zničená jednou samičí housenkou štetconoše ořechového (*Calliteara pudibunda* L.) v jednotlivých instarech včetně průměrného počtu, rozměrů, objemu a hmotnosti trusinek. Hmotnost 1 mm³ trusinek v čerstvém stavu je po vysušení při 95 °C 0,00021951 g. Laboratorní chov, červen až září 1993 – Average leaf area in beech at the weight of 41.82 g.m⁻² in dry matter damaged by one female larva of the red tail moth (*Calliteara pudibunda* L.) in the particular instars including the average number, size, volume and weight of excrements. The weight of 1 mm³ of fresh excrements is 0.00021951 g after drying at 95 °C. Laboratory rearing, June to September 1993

Instar ¹	Poškozená plocha ²		Počet trusinek ³	Délka / průměr ⁴ (mm)	Objem jedné trusinky ⁵ (mm ³)	Objem trusinek ⁶		Hmotnost sušiny ⁷ (g)
	(mm ²)	(%)				(mm ³)	(%)	
1.	84,4	0,1	251,0	0,38/0,23	0,016	4,0	0,02	0,0009
2.	151,9	0,2	260,0	0,51/0,36	0,052	13,5	0,08	0,0030
3.	227,8	0,3	253,8	0,75/0,46	0,125	31,6	0,19	0,0069
4.	681,5	0,8	263,0	0,98/0,70	0,377	99,1	0,58	0,0218
5.	1 146,6	1,4	219,4	1,11/0,81	0,572	125,5	0,74	0,0275
6.	2 325,0	2,8	245,4	1,22/1,07	1,096	269,1	1,59	0,0591
7.	5 526,0	6,8	249,4	1,70/1,42	2,691	671,1	3,96	0,1473
8.	17 700,0	21,6	345,0	2,55/1,86	6,925	2 389,2	14,09	0,5245
9.	54 025,7	66,0	522,0	3,62/3,00	25,575	13 350,3	78,75	2,9305
Celkem ⁸	81 868,9	100,0	2 609,0	-	-	16 953,4	100,00	3,7215

For 1 – 8 see Tab. I

uvádí šest až deset dnů). Zdá se, že podíl housenek uhynulých v důsledku obtížné dosažitelnosti potravy je poměrně malý a že většina housenek nakonec hostitel-skou dřevinu najde.

Poškození listů housenkami prvního instaru je minimální a při běžné prohlídce snadno uniká pozornosti. Housenky při žiru sedí na spodní straně listů, kde jsou chráněny před přímými slunečními paprsky a před deštěm. Zde vyžírají do čepelí listů velmi drobné plošky, které sahají k epidermis listu. Tímto tzv. škrabavým žírem obvykle nebývá poškozena svrchní pokožka listů a zachovává se rovněž listová žilnatina včetně nejméně žilek (obr. 7). Po určité době pokožka listu odumírá a na čepeli se objevují malé hnědé skvrny. Jemné listy břízy, javoru, habru a lípy vyrašené ve skleníku housenky v chovech často děrovaly (obr. 8), zatímco při konzumaci listů stejných dřevin vyrostlých v přírodě ponechávaly epidermis nedotčenou. V chovech bylo někdy pozorováno poškození čepelí listů ze svrchní strany; přitom hypodermis zůstávala často nepoškozena.



7. Žilnatina listu buku zcela ožraného housenkami prvního instaru štitonoše ořechového. Laboratorní chov, 12. 6. 1993 – The venation of the beech leaf fully eaten by the larvae of the first instar of the red tail moth. Laboratory rearing, 12th June 1993



8. List habru poškozený děrováním housenkami prvního instaru štitonoše ořechového. Laboratorní chov, 7. 4. 1993 – A hornbeam leaf damaged by the holes eaten by the larvae of the first instar of the red tail moth. Laboratory rearing, 7th April 1993

Za optimálních povětrnostních podmínek trvá žír asi sedm dnů (v laboratorním prostředí jen čtyři dny). Pak housenky přestávají přijímat potravu a připravují se na svlékání. Na spodní straně listů si poblíž místa žiru nebo na jiných blízkých místech chráněných před sluncem a deštěm opředou podložku v okruhu do 5 mm nepřilíhající hustou sítí vláken; na ni se pak pomocí četných háčků na panožkách pevně přichytí. Jejich pohyby se postupně zklidňují, až téměř ustanou. Ve strnulém stavu s hrudními nožkami nataženými šikmo dopředu se-
trvávají asi 2,5 dne (v laboratoři půl dne až jeden den) v relativním klidu. Pozvolna, zpočátku slabě, postupně čím dále zřetelněji se pak pod pokožkou vytváří deset

tmavších příčných pruhů, tvořených chloupky lokálně obepínajícími novou pokožku housenky druhého instaru. Chloupky jednotlivých článků jsou seskupeny v trsy, přiléhavě navinuté na novou pokožku, takže se při svlékání nepoškodí. Vlastní svlékání housenky pak trvá pouze několik minut. Při něm se začne volná přední část těla housenky v krátkých několikasekundových intervalech pohybovat nahoru a dolů nebo do stran a rozšiřovat. Vnitřním pnutím stará pokožka za prvním hrudním článkem praská a vlnovitým pohybem těla je během několika (v laboratoři během jedné až tří) minut svlečena dozadu. Při svlékání je možné postřehnout křížovité rozmístění trsů chlupů nejdříve v přední a později v zadní části těla housenky. Hlavový exoskelet včetně pokožky prvního hrudního článku s velkými štětíčky chlupů na postranních bradavkách je pak svlečen dopředu. Během několika hodin (v laboratoři asi během jedné hodiny) se chloupky napřimují a housenka dříve, než opět začne přijímat potravu, nejméně dva dny (v laboratoři půl dne až jeden den) odpočívá a „kartáčuje“ si chlupy. Ecdysis je velmi složitý a fyzicky náročný proces, který je řízen hormonálně. V přírodě probíhá mnohem lépe než v laboratoři, kde při něm část housenek hyne.

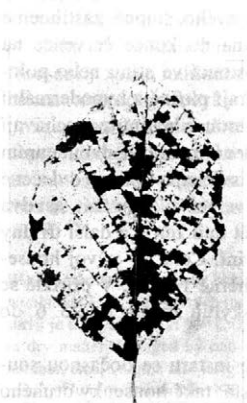
VÝVOJ HOUSENEK DRUHÉHO INSTARU A STARŠÍCH

Housenky druhého vývojového stupně zastihneme v přírodě od poloviny června do konce července na spodní straně listů. Listy rostoucí ve stínu nebo polostínu děrují, solární listy ožirají plošně z hypodermální strany až k epidermis. Veškerou žilnatinu ponechávají neporušenou. Asi po osmidenním žiru a dvoudenním relativním klidu se podruhé svlékají. Čerstvě svlečené housenky třetího instaru, dříve než začnou žrát, asi dva dny odpočívají, pak asi devět dnů žerou a další tři dny se chystají k novému svlékání. Celkový vývoj housenek třetího instaru trvá průměrně 14 dnů. V přírodě se housenky tohoto instaru vyskytují zhruba od 23. 6. do 13. 8. (obr. 1).

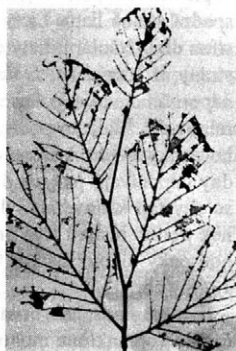
Kromě housenek prvního instaru se dočasnou součástí aeroplanktonu mohou stát také housenky druhého a třetího instaru. Také jim šíření pomocí větru usnadňují spředená elastická vlákna. Schopnost předení si podržují housenky i v jakémkoliv dalším instaru. Vždy po skončení příjmu potravy si obvyklým způsobem opředou podložku (spodní stranu listů nebo jiné chráněné místo na kůře stromu) na ploše o průměru o něco větším než je délka těla housenky a na takto upraveném podkladě se přichycují a zde se také svlékají. Housenky čtvrtého instaru a starší mají jiný typ ochlupení (hřbetní a koncové zadečkové štěty) a na běžný pasivní přenos vzdušnými proudy jsou příliš těžké. Tyto housenky se nepřilíhají rychle (a výlučně) pohybují pomocí hrudních noh, panožek a pošinek. Dorostlé housenky jsou schopny se za teplého počasí za čtyři minuty přemístit až o jeden metr (Vitě, 1952).

S přechodem housenek do vyšších instarů se délka vývoje neustále prodlužuje, až nakonec u posledního (sedmého) instaru trvá téměř měsíc. Úměrně tomu se prodlužuje doba příjmu potravy a v menší míře také přípravná doba před vlastním svlékáním a doba odpoczynku po svlečení. Celková doba bez příjmu potravy trvá u starších housenek asi týden (v laboratoři kolem čtyř dnů), přičemž období od ukončení žíru do svlečení je v průměru vždy o něco delší než klidové období po svlečení. Housenky posledního instaru se vyskytují od 20. srpna do konce října, resp. začátku listopadu, tj. po dobu dvou a půl měsíce.

S dorůstáním housenek se mění celkový charakter poškození listů. Jestliže housenky prvních dvou instarů ožírají čepel listů kromě žilnatin, pak housenky třetího a čtvrtého instaru čepel listů děrují a žilky prvního řádu poškozují na apikálních koncích (obr. 9 a 10). Housenky pátého a šestého instaru ožírají listy nepravidelně z boku často až ke střední žilce nebo od špičky. Housenky posledního instaru listy konzumují někdy i se střední žilkou, případně i s částí řapíku. Pro housenky všech instarů je příznačné, že při žíru sedí na spodní straně listů, velmi zřídka na jejich líci a nikdy ne na okrajích. Zde, chráněny před přímým slunečním zářením a deštěm, se také obvykle svlékají. Exuvie zpravidla hned po svlečení padají na zem nebo se dočasně zachycují na listech či kůře stromů, odkud je na zem strhává vítr nebo déšť.



9. List buku poškozený děrováním housenkami druhého instaru štěconoše ořechového. Laboratorní chov, 17. 6. 1993 – A beech leaf damaged by the holes eaten by the larvae of the second instar of the red tail moth. Laboratory rearing, 17th June 1993



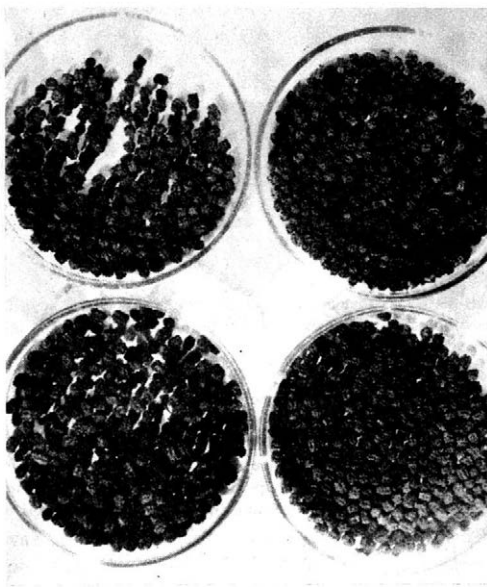
10. Listy buku poškozené housenkami třetího instaru štěconoše ořechového. Laboratorní chov, 12. 6. 1993 – Beech foliage damaged by the larvae of the third instar of the red tail moth. Laboratory rearing, 12th June 1993

Housenky se od nejranějších vývojových stupňů rozptylují do všech částí koruny stromu a především na její hořejší a obvodové partie. Odtud se poškození šíří směrem dolů a dovnitř. Buky rostoucí v zapojeném lese mají v důsledku vnitrodruhové kompetice v nadzem-

ním a kořenovém prostoru velmi malé koruny. Poškození takových dřevin mívá často difúzní charakter, u něhož lze s obtížemi stanovit nějaká centra poškození a hlavní směry jejich šíření po koruně stromů. Sežerou-li housenky všechno listí na stromě (což bývá zpravidla až ve druhé polovině září a v říjnu), pouštějí se stromů a ve schouleném stavu padají (výjimečně slézají) na zem. Při pádu se někdy zachycují na nižších větvích a jsou-li větve olistěné, pokračují tam v žíru. Tvrdost dopadu na zem je zmírňována bohatým ochlupením (které také snižuje rychlost volného pádu) a vrstvou listovky na povrchu půdy. Pád z výšek 20 až 30 m proto zdravé (ne virózní) housenky absolvují většinou bez jakéhokoliv poranění.

Pádem opouštějí svá žíroviště někdy také housenky nacházející se na stromech, kde je ještě dostatek listů. Za větrného počasí nebo prudkých lijáků se na zemi ocitá často obrovské množství housenek. Pády housenek jsou běžné i za úplného bezvětří. Na zem někdy spadnou housenky náhodně. Dost často však jde o jedince parazitované lumky nebo zasažené virovým onemocněním. Virózní housenky přestávají brzy přijímat potravu a část z nich předčasně padá na zem. Na zemi buď housenky v krátké době hynou, nebo se z posledních sil snaží opět vylézt na kmen stromu a hynou až tam za typických příznaků virózy. Housenky spadlé na zem (ať už jsou zcela zdravé nebo nemocné) nejsou schopny rozeznat dřeviny ještě olistěné od dohola ožraných nebo uschlých. Běžně vylézají také na jehličnaté dřeviny, jejichž jehlice nikdy nežerou. V případech špatné volby dřeviny opět padají na zem a pokud mají ještě sílu, v hledání potravy dále pokračují. Podaří-li se jim brzy nalézt potravu a nedojde-li u nich ke vzplanutí virózy, mají určitou možnost svůj vývoj dokončit. Zdravá zvířata totiž dokážou poměrně dlouho hladovět. Podobně jako housenky prvního instaru, také housenky druhého až sedmého instaru žijí v laboratorních podmínkách (při 22 °C a 90% relativní vzdušné vlhkosti) bez potravy shodně sedm až 11 dnů (samci kolem osmi a samiči kolem devíti dnů) a v přírodě ještě déle.

Během celého výskytu housenek v korunách neustále padají trusinky na zem. Ty jsou převážně žlutozelené až zelenohnědé, válcovité se šesti zřetelnými podélnými rýhami na povrchu. Trusinky samčích i samičích housenek prvního instaru mají délku kolem 0,38 mm a průměr 0,23 mm. Trusinky dorostlých samčích housenek mají délku kolem 2,84 (samičích 3,62) mm a průměr 2,38 (samičích 3,00) mm (obr. 11, tab. II a III). Rozměry trusinek se nápadně mění také během žíru housenek stejného vývojového stupně (na začátku žíru jsou trusinky podstatně menší než na jeho konci). Za klidného bezvětřího počasí v září a říjnu (tj. v období výskytu středně velikých a dorůstajících housenek) vytváří ustavičný opad trusinek na listovku jemný šelest, připomínající drobný déšť. Drobné trusinky nejnižších instarů housenek obvykle unikají pozornosti. Teprve ekrementy středně vyspělých a dorůstajících housenek jsou při přemnožení nápadné, protože se ve značném množství hromadí pod projekcí korun a zvláš-



11. Trusinky posledního (šestého) instaru housenek štetconoše ořechového ve druhé polovině žíru. Zmenšeno. Laboratorní chov, 10. 5. až 20. 5. 1993 – The frass of the last (sixth) instar of the larvae of the red tail moth in the second half of feeding. Reduced. Laboratory rearing, 10th May to 20th May 1993

tě při patě kmenů, kde místy vytvářejí až dvoucentimetrovou vrstvu. Spolu s prosvětlením korun stromů bývají často prvním příznakem přemnožení škůdce v lesních porostech.

Kromě jádrové (event. cytoplazmatické) virózy nemají housenky štetconoše žádné vážnější přirozené nepřátele. V gradační oblasti Bílé Karpaty došlo ke hromadné epizodii nukleární polyedrie předposledního a posledního instaru housenek již v r. 1993, tj. ve druhém roce gradace.

SPOTŘEBA POTRAVY

Mladé housenky (od prvního do třetího instaru) se vyvíjejí v první polovině vegetační periody (hlavně ve druhé polovině června a v červenci). Čepel listů poškozuji jen lokálně na velmi malých ploškách, takže z asimilačního procesu vyřazují pouze přímo postižené části listů. Středně staré housenky (čtvrtého až pátého instaru) poškozuji listy na vrcholu jejich asimilační činnosti (ve druhé polovině července a v srpnu). Buďto je „okénkují“, nebo okusují z boků, případně od špičky. Starší housenky (šestého a sedmého instaru) listy ožirají velmi nepravidelně od okrajů i z apikální a proximální strany. Listy poškozuji až v závěru vegetační doby (hlavně v září a říjnu), kdy obsahují velký podíl nestravitelných nebo obtížně stravitelných látek (např. ligninu, hemicelulózy a celulózy). Přijímanou potravu proto nevyužívají dokonale; o tom mj. svědčí hojný

výskyt drobných nestrávených zbytků listů v exkrementech.

Housenky posledních instarů často listy nespotřebují celé. Jejich zbytky dlouho přetrvávají na řapících, než s nimi opadnou na zem. Menší či větší části zelených listů se objevují na zemi během žíru housenek ve druhé polovině a zvláště koncem vegetační sezony. Tento tzv. plýtvavý žír je podle literárních údajů (Anonymus, 1860; Lorey, 1876; Eckstein, 1917, 1933; Vitě, 1952, aj.) pro štetconoše charakteristický. Podle vlastních poznatků z přírody a laboratorních chovů na různých dřevinách jím bývá postiženo maximálně 10 % z celkové plochy poškozených listů.

Samčí housenky dorůstají v průměru menší velikosti než samiči. Spotřebují také podstatně menší množství potravy. V laboratorním prostředí během celého svého vývoje na buku zkonzumovaly kolem 61 000 mm² a včetně plýtvavého žíru zničily celkem 67 000 mm² listů. Samičí housenky spotřebovaly kolem 82 000 mm² a včetně plýtvavého žíru poškodily celkem 90 000 mm² listové plochy. Spotřeba housenek nižších instarů byla ve srovnání s předposledním a posledním instarem vcelku zanedbatelná. Samčí housenky dvou nejvyšších instarů poškodily 89,3 (samič 87,6) % z celkové plochy listů poškozené housenkami všech instarů. Během celého vývoje samčí housenky vyprodukovaly kolem 2 700 (samič kolem 2 600) trusinek o objemu 10 400 (samič 16 900) mm³ a hmotnosti (v sušině) 2,29 (samič 3,72) g (tab. II a III). Se značnou akcelerací žravosti housenek v předposledním a zvláště v posledním instaru souvisí vznik překvapivých a pustošivých holozírů často na rozsáhlých plochách, k nimž zpravidla dochází až v samém závěru vegetační sezony.

Množství spotřebované potravy a defekovaných látek se dynamicky mění i během období žíru stejného instaru housenek. Samičí housenky např. posledního instaru konzumovaly bukové listy vyrostlé v přírodě průměrně 20 dnů. Přitom během prvního až čtvrtého dne žíru spotřebovaly 11,7 %, během pátého až osmého dne 21,0 %, během devátého až 12. dne 24,7 %, během 13. až 16. dne 26,2 % a během 17. až 20. dne 16,4 % celkově přijaté potravy. Od začátku žíru po dobu 17 dnů spotřeba potravy neustále stoupala. Nejrychleji vzrůstala (i klesala) během prvních (resp. posledních) dvou dnů žíru. Podobnou dynamikou příjmu potravy se v laboratorních chovech vyznačovaly také samčí housenky posledního instaru a housenky obojího pohlaví všech ostatních instarů.

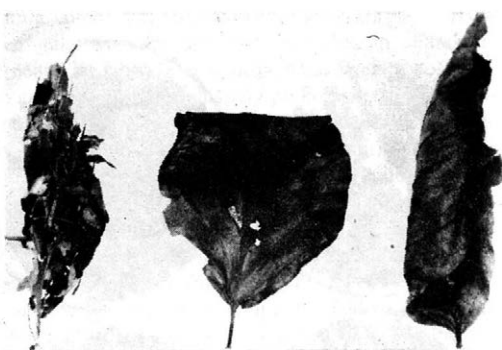
Délka vývoje včetně počtu instarů housenek je mj. zásadním způsobem ovlivňována kvalitou potravy. Jakost potravy je významně modifikována velikostí poškozené plochy listů a množstvím zkonzumované potravy včetně počtu, rozměrů a objemu (hmotnosti) vytvořených trusinek. Housenky živěné listy břízy, dubu a habru vyrašenými v zatepleném skleníku prodělaly celý svůj vývoj během šesti instarů a za dobu o 22 dnů kratší (obr. 3) než housenky v chovech autorů Gejspic, Zarankina (1963), které žily ve stejných podmínkách, ale byly živěny méně kvalitními

staršími listy vyrostlými v přírodě. Na bříze spotřebovaly samčí a samičí housenky např. průměrně pouze 51 000 mm² listů a spolu s plynutím žírem způsobily celkovou ztrátu 61 200 mm² listové plochy. Poslední dva instary housenek poškodily plných 96,3 % (z toho samotné housenky posledního instaru 83,9 %) z celkové poškozené listové plochy. Za celý svůj vývoj vyprodukovaly průměrně pouze 1 075 trusinek, tj. 2,4 až 2,5krát méně než housenky živé bukem v období dlouhého dne. Rozměry trusinek byly u všech instarů housenek (a především u posledního instaru) v průměru menší. Rovněž celkový objem trusinek v přirozeném stavu včetně jejich hmotnosti v sušině byl téměř 4,3krát menší (tab. I).

Tato zjištění zcela jasně dokazují, že mladé, jemné, mírně etiolované listy dřevin, vyrostlé ve vyhříváném skleníku koncem zimy a začátkem jara, zažívací trakt housenek mnohem lépe využívá než listy vytvořené v přírodě. Housenky živé kvalitní potravou proto dorůstají při podstatně nižší spotřebě potravy. Troficky hodnotná potrava obsahuje zejména větší množství vody, dusíku, draslíku a hořčíku včetně látek proteinové a glycidické povahy a menší množství nevyužitelných nebo obtížně stravitelných látek jako je např. lignin, hemicelulóza či celulóza. Nízká trofická hodnota bukových listů na konci vegetační sezony je jednou z nejdůležitějších příčin prudkého nárůstu spotřeby potravy dorůstajících housenek a s ním bezprostředně souvisejících hrozeb vypadajících holožírů, kdy během jednoho až dvou týdnů dosud olistěné a na první pohled vitální porosty nabývají předčasně ponuré vzhledu zimního aspektu. Nevábný vzhled dohola ožraného a jakoby mrtvého lesa bývá v závěru gradace umocňován dalekosáhlou defoliací podrostní bylinné a dřevinné vegetace, všudypřítomným výskytem ekrementů a zapáchajících mrtvolek rozkládajících se housenek uhynulých v důsledku epizootického působení polyedrie a vysídlením četných druhů ptáků i lovné zvěře z nejpohodlnějších oblastí.

KUKLENÍ

Nejdříve koncem září, většinou ale až v říjnu a nejspíše začátkem listopadu housenky dorůstají a přestávají přijímat potravu. Padají (výjimečně slézají) na zem, kde se určitou dobu jakoby bezcílně pohybují, přitom si však vyhledávají vhodné místo k zakuklení. Aniž by podnikaly dlouhé cesty, usazují se na vybraném místě a tam si zhotovují zápledek. Nejprůzračnější podmínky pro tvorbu zápledek nalézají v neuleželých vrstvách ložského opadlého listí na povrchu půdy v místech s propustným a nepřliš vlhkým podloží. Na prosychnutých místech se bukové listy stáčíjí nebo různě prohýbají a přitom si poměrně dlouho podržují zkroutěný tvar (obr. 12). Ten housenkám usnadňuje tvorbu zápledek a dlouho zabraňuje slehnutí listovky. Nepřliš často si housenky ke zhotovení zápledek vybírají starší podpovrchové listy narušené dekompozič-



12. Umístění zápledek štětočonoše ořechového v hrabance (vlevo), v listu svinutém od špičky (uprostřed) a v listu svinutém bočně (vpravo). Zmenšeno. Revír Filipov (LS Strážnice), listopad 1992 – Location of the cocoons of the red tail moth in forest-floor litter (left), in the leaf curled from tip (middle) and in the leaf curled from the sides. Reduced. Filipov hunting grounds (Strážnice forest district), November 1992

ními procesy. Vzdušné uložení zápledek je totiž základní podmínkou úspěšného přezimování kukel. Proto se housenky s oblibou zapřádají např. ve zkroutěných uschlých listech buku, javoru kleny, dubu a jiných dřevin na větvích ulomených větrem nebo pocházejících z předmyšlní těžby, i když se z větší části vyskytují nad zemí. Přednostní tvorba zápledek mezi nadzemními listy dřevin a řidčeji bylin (např. maliníku) byla běžným jevem např. v porostu 558 A 9, kde byly zápledky obsazeny téměř všechny zkroutěné listy na větvích těchto dřevin. V centru holožíru v porostu 558 E 7 bylo 18. 11. 1992 na 1 m² průměrně 75,6 zápledek a z nich

IV. Umístění zápledek štětočonoše ořechového (*Calliteara pudibunda* L.) v jednom svinutém listu buku, mezi dvěma až sedmi listy buku a mezi jinými okolními předměty. Porost 558 E 7, revír Filipov (LS Strážnice), 18. listopad 1992 – Location of the cocoons of the red tail moth (*Calliteara pudibunda* L.) in one curled leaf of beech, amidst two to seven beech leaves and amidst other surrounding objects. Forest stand 558 E 7, Filipov hunting grounds (Strážnice forest district), 18th November 1992

Umístění zápledek ¹	Počet případů ²	(%)
1 list ³	89	19,3
2 listy	140	30,4
3 listy	98	21,3
4 listy	52	11,3
5 listů	32	6,9
6 listů	13	2,8
7 listů	3	0,6
Drť listů ⁴	29	6,3
List + větvíčka	4	0,9
List + plod	1	0,2
Celkem ⁷	461	100,0

¹location of cocoons, ²number of cases, ³leaf, ⁴crushed leaves, ⁵leaf + twig, ⁶leaf + fruit, ⁷total

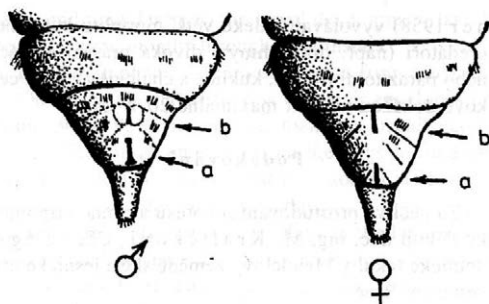


13. Kukly štětconoše ořechového vyňaté ze zápledek. Zvětšeno dvakrát – The pupae of the red tail moth taken out of the cocoons. Magnified twice

pouze 19,3 % bylo zapředeno v jednom listu; přitom v 15,0 % byl tento list přehnut bočně, ve 2,8 % kolmo k hlavní listové žilce, v 1,1 % šikmo a v 0,4 % současně čelně i bočně. Plných 80,7 % zápledek obklopovalo dva až sedm listů, event. dekompozic již narušené listy apod. (tab. IV). Někdy bývají zápledky z boku částečně nekryté. Při přemnožení se tvoří skupiny zápledek, které mají až sedm kusů a jsou k sobě zčásti připředené.

Ratzeburg (1840), Anonymus (1860) a řada dalších autorů zastává názor, že se housenky nejčastěji zapřádají v mechu. Ve studované gradační oblasti v Bílých Karpatech se mechy vzhledem k vyššímu obsahu rostlinných živin v půdě skoro vůbec nevyskytovaly a ve shodě s údaji Sylvéna (1943) se drtivá většina housenek zapřádala v listech či mezi nimi a jen mizivá část ve šterbinách nebo jiných skrytých místech na bázích buků, na pařezích, mezi na zemi ležícími větvemi a výjimečně proti všem zvyklostem volně na povrchu kmenů při jejich bázi. V laboratorních chovech na živých dřevinách v květináčích v období relativně krátkého a prodlužujícího se dne (v dubnu a květnu) se housenky koncem května a v první polovině června z 90 % zapřádaly mezi zelenými listy dřevin v místě žíry (a nehojně mezi předloženými suchými listy na dně chovných válců) a bez prožití období chladu se během června téhož roku líhli motýli.

Zápledky mají nepravidelný větvenovitý tvar. V době erupce gradace, kdy housenky často strádaly nedostatky potravy a trpěly různými rušivými interakcemi a interakčními vlivy, byly ve studované oblasti samčí zápledky dlouhé 22,6 (samíci 24,6) mm a široké 12,1 (samíci 13,3) mm. Samčí zápledky byly tedy o 8,8 % kratší a o 9,9 % užší než samičí. V oblastech s mírným žírem byla jejich velikost až o 20 % větší. Tvoří je dvě řídke vrstvy vláken, mezi nimiž je malá mezera. Obě vrstvy mají stejnou skladbu [podle Baccota (1898 in Sylvéna, 1943) je vnitřní vrstva jemnější a pevnější]. Tvoří je zpočátku světlá, později žlutohnědá až hnědá vlákna prostoupaná četnými chlupy, které zde mají zřejmě určitý ochranný význam před napadáním některými predátory. Zápledky jsou vnější vrstvou připředeny k okolním listům, event. k jiným předmětům, takže je často nelze bez poškození této



14. Zakořenění zadečku samčích a samičích kukel štětconoše ořechového: a – základy řitního otvoru, b – základy pohlavního otvoru. (Orig. Urban) – The end of the posterior part of the male and female pupae of the red tail moth: a – rudiments of the anal opening, b – rudiments of the genital opening. (Orig. Urban)

vrstvy od nich oddělit. Zapřádání trvá housence 24 hodin (Chevandier, 1850). Asi po týdnu (podle Chevandiera, 1850, až po 14 dnech) se v zápledkách objevují kukly (obr. 13). Přes poměrně řídké stěny zápledek jsou kukly částečně viditelné.

Kukly jsou světlehnědé až tmavohnědé se zřetelně vyznačenými skoro neochlupenými základy křídél, tykadél a nohou a s nápadnými dýchacími otvory. Hřbetní strana kukly je silně ochlupovaná. Chloučky jsou vždy žluté a směřují šikmo dozadu. Jsou omezeny hlavně na příčné zvrásněná místa a nasedají na drobné tmavší hrbolky. Na spodní straně kukly jsou chloupky krátké a nečetné. Zadeček přechází v tzv. kremaster, který je opatřen asi 50 drobnými háčky. Jímí jsou kukly připevněny k vnitřní stěně zápledky. Fixace kukel k zápledkám a jejich připředení k okolním listům či jiným předmětům má velký význam při líhnutí motýlů, ke kterému dochází na jaře příštího roku.

Délka kukel kolísá v širokých mezích od 15 do 23 mm. Pohlaví kukel lze rozlišit podle umístění základů pohlavního otvoru. Samčí pohlavní otvor leží blíže kremasteru (obr. 14). Samčí kukly jsou v průměru menší než samičí. V listopadu 1992 byly např. v centru přemnožení (v porostu 558 E 7) samčí kukly dlouhé průměrně 15,8 (samíci 18,9) mm a široké 6 (samičích 7) mm. Samčí kukly byly tedy o 19,6 % kratší a o 16,7 % užší než samičí. Hmotnost samčích kukel byla průměrně 0,298 g (samičích 0,501 g), tj. o 68,1 % méně. Samčí zápledky (bez kukel a exuvií) vážily průměrně 0,019 g, samičí 0,022 g. Hmotnost samčích exuvií byla průměrně pouhých 0,0069 g, samičích 0,0073 g. Průměrná hmotnost samčích kukel parazitovaných lumky byla o 21,1 % (samičích o 32,0 %) nižší než u kukel zdravých.

Kukly štětconoše jsou velmi odolné vůči nízkým teplotám. Dlouhé a tuhé zimy snášejí lépe než zimy mírné a vlhké. Kontinentální klima totiž výrazně brzdí nadměrný rozvoj entomopatogenních hub, které např. v oblasti Bílých Karpat působily až 50 % úhyn kukel. Mykotická onemocnění, způsobená zejména druhem *Paecilomyces (Isaria, Spicaria) farinosus* Fr. (Ker-

ner 1958) vyvolávají daleko větší mortalitu kukel než predátoři (např. dravý hmyz, divoká prasata a ptáci) nebo parazitoidi (luncí, kuklice a chalcidky), kteří celkově dokážou zahubit maximálně 20 % kukel.

Poděkování

Za pečlivé prostudování rukopisu a cenné připomínky děkuji doc. ing. M. Králíčkovi, CSc., z Agronomické fakulty Mendelovy zemědělské a lesnické univerzity v Brně.

Literatura

- ANONYMUS, 1860. Frass des Buchenspinners. Allg. Forst-Jagdztg., 36: 63–65.
- BELING, K., 1871. Ein Frass der Buchenspinners- oder Rothschanzraupe am Harze. Tharandt. Forstl. Jb., 21: 32.
- ECKSTEIN, K., 1917. Kleinere Mitteilungen. Dtsch. Forstztg., 32: 590–591.
- ECKSTEIN, K., 1933. Der Buchenrotschwanz (*Dasychira pudibunda* L.). Anz. Schäd.Kde, 9: 52–54.
- ESCHERICH, K., 1931. Die Forstinsekten Mitteleuropas. Dritter Band. Zweite Abteilung. Berlin, Verlag P. Parey.
- GEJSPIC, K. F., 1953. Reakcija monovoltinných češekrylů (*Lepidoptera*) na prodolžitelnost dnja. Entom. Obzr., 33: 17–31.
- GEJSPIC, K. F. – ZARANKINA, A. I., 1963. Osobennosti fotoperiodičeskoj reakcii šeristolapki plodovoj *Dasychira pudibunda* L. (*Lepidoptera*, *Orgyidae*). Rev. Ent. URSS (Leningrad), 42: 29–38.
- CHEVANDIER, E., 1850. Die Verheerungen des Buchenspinners *Phal. Bomb. (Orgia) pudibunda* in Jahre 1848 in den Buchenwaldungen der westlichen Vogesen- Abdachung. Allg. Forst- Jagdztg., 16: 156–157, 184–185.
- JAHN, E. – WEBER, T., 1966. Über die Polyederkrankheit von *Dasychira pudibunda* und deren Übertragung. Anz. Schäd.Kde, 39: 39–42.
- KERNER, G., 1958. Eine Mykose bei *Dasychira pudibunda* L. und ihre Verwendung zur biologischen Bekämpfung von anderen Forstinsekten. Trans. I. Int. Conf. Insect Pathology and Biol. Control. Praha: 169–176.
- KOEHLER, W., 1958. Występowanie szkodliwych owadów w okresie powojennego dziesięciolecia. Sylwan, 102: 18–37.
- KRAUSSE, A., 1919a. Beobachtungen an *Dasychira pudibunda* L. gelegentlich des Eberswalder Frasses 1917. Z. Forst-Jagdswes., 51: 256–266.
- KRAUSSE, A., 1919b. Über *Dasychira pudibunda* L. bei Eberswalde 1918. Z. Forst- Jagdswes., 51: 445–446.
- LOREY, T., 1876. Frass von *Orgyia (Dasychira) pudibunda*. Allg. Forst- Jagdztg., 52: 388–389.
- LOREY, T., 1877. Frass von *Orgyia (Dasychira) pudibunda*. Allg. Forst- Jagdztg., 53: 278–279.
- PARAMONOV, A. J., 1935. Do pitanja lisogospodarske značennja červonochvostogo šovkoprijada (*Dasychira pudibunda* L.). Trav. Mus. Zool. Acad. Sci. Ukraine, Kiev, 14: 81–89.
- RATZBURG, J. T. C., 1840. Die Forst- Insecten. Bd II. Berlin.
- SYLVÉN, E., 1943. Die Biologie des Buchenspinners *Dasychira pudibunda* L. Z. angew. Ent., 30: 119–142.
- ŠVESTKA, M., 1993. Gradace škodlivých motýlů z čeledi bekyňovitých. Lesn. Práce, 72: 145–147.
- THOMPSON, C. G. – SCOTT, D. W., 1979. Production and persistence of the nuclear polyhedrosis virus of the Douglas-fir tussock moth, *Orgyia pseudotsugata* (*Lepidoptera: Lymantriidae*), in the forest ecosystem. J. Invertebr. Path., 33: 57–65.
- URBAN, J., 1994. K biologii štetconoše ořechového [*Calliteara (Dasychira) pudibunda* L.]. Část I. Motýli, jejich výskyt a kladení vajíček. Lesnictví-Forestry, 40: 284–297.
- VITĚ, J. P., 1952. Massenaufreten des Buchenrotschwanzes. Holz- Zbl., 125: 1711–1712.
- VOLLMAR, J., 1879. Ein Frass vom Rothschanze (*Dasychira pudibunda*). Forstwiss. Cbl., 23: 443–446.
- VOLLMAR, J., 1889. *Dasychira pudibunda*. Forstwiss. Cbl., 33: 547–548.
- WEIDNER, H., 1936. Beiträge zu einer Monographie der Raupen mit Gifthaaren. Z. angew. Ent., 23: 432–484.
- WELLENSTEIN, G., 1978 in SCHWENKE, J. et al., 1978. Die Forstschädlinge Europas. 3. Bd. Schmetterlinge. Hamburg und Berlin, P. Parey: 316–325.

Došlo 23. 3. 1994

BIOLOGY OF THE RED TAIL MOTH [*CALLITEARA (DASYCHIRA) PUDIBUNDA* L.]

PART II. LARVAE AND PUPAE

J. Urban

Mendel University of Agriculture and Forestry, Faculty of Forestry and Wood Technology, Lesnická 37, 613 00 Brno

Mass outbreak of the red tail moth (*Calliteara pudibunda* L.) occurred in the beech stands in the White Carpathians (in the forest districts Myjava, Stará Turá

and Strážnice) in the years 1992 and 1993. As the mass outbreak was of temporal character and late feedings usually appeared at the end of the growing season, no

control measure was taken. The natural course of mass outbreak was utilized to study the pest behavior both in the natural environment and in a laboratory. The present paper informs about development of preimaginal stages and food consumption by the larvae.

A majority of eggs is regularly fertilized. Four per cent of eggs were not fertilized in the focus of mass outbreak in the Filipov district (Strážnice forest district). These eggs were laid by the moths with eclosion ratio 1.40 : 1 in favor of the males. At the locations of medium feeding where the male to female ratio was 1.26 : 1 seven per cent of the females were not fertilized while 16% eggs were not fertilized at locations of feeble feeding with the male to female ratio 0.59 : 1. The rate of embryonic development in the egg cleavage period and during the formation of germ layers is rather depending upon the temperature and humidity than in the period of nutritive yolk consumption by the embryo. Both these stages of embryogenesis last 21 days, or longer than a month in cold weather (about 10 days in a laboratory). The holes through which the egg larvae are leaving the chorion are irregularly oval in shape and their minimum size is 0.55 x 0.41 mm. The holes are always located on the egg sides outside the slightly hollow disk with the micropyle. Their orientation in the same group of eggs is usually identical. Eclosion takes place mainly from 4 to 12 o'clock a. m. and is spontaneous.

The color of larvae is depending among other things upon the developmental stage of larvae and upon the natural feeding rhythm within the same instar, in the course of which the animals do not take up any food a long time before molting (as well as after it). The widest spectrum of colors can be observed in older larvae which have yellow-green, dark-brown and other transient forms. In the area with mass outbreak, the amount of light-colored forms was three times higher than that of the dark ones. In laboratory rearings, transient or dark forms were more abundant than the light forms. The color of the larvae is not in any relationship to the color of the moths nor to the larva sex.

The total length of development and the number of instars in the larvae are also influenced by food quality besides by the temperature and daylight duration. It can be confirmed by the rearing of the larvae which emerged on 31st March 1993 from eggs laid by one female on 20th March 1993. The larvae were raised on growing plants of birch, oak, hornbeam, sycamore maple, linden and beech which had been placed as potted plants after short hibernation at the beginning of 1993 to a warmed greenhouse to make them start growth prematurely. In the laboratory conditions (at 22 °C and 10-hour daylight) the larvae terminated their development on all tree species in an extremely short period of 61 days and they formed six instars only. In the beech stands of the White Carpathians the development of larvae lasted about four months and went through seven instars. In a parallel laboratory rearing of the larvae on beech foliage produced in the natural environment (at

22 °C and long daylight) the larval development lasted less than three months through nine instars.

The larvae of the first instar emerge from 5th June to 30th June. Their first food is the outer envelopes of ovum, 30 to 95% per cent of them are usually consumed. The larvae emerged from the eggs located on the foliage do not regularly eat the chorion. They stay in so called nests for three to six days (or longer in cold weather), and only one to three days in the laboratory. Then the mobile and very positively phototropic larvae crawl to seek food. Their spinning ability is very well developed, so it facilitates their horizontal and vertical movement within the stand and to other localities by means of air flows. They can survive without food for 7 to 9 days. They cause damage to the leaf underside while the epidermis and venation are left intact. The foliage in the shade is perforated, the sunlit foliage is eaten from the underside. Feeding lasts about seven days (four days at the laboratory). Then they spin a web on the spot up to 5 mm in diameter on the leaf underside or at other places sheltered from the sunshine and rainfall and stick to this spot with the prolegs. They remain in this quiescent state for about 2.5 days (a day and a half in the laboratory) and they molt within several minutes (one to three minutes in the laboratory) after that. The cuticle bursts behind the 1st thoracic segment and is cast off backwards, while the head exoskeleton including the cuticle of the 1st thoracic segment is cast off forwards. The fresh-emerged larvae of the 2nd instar are resting for two days at least (half a day or a day in the laboratory).

The larvae of the second and rarely of the third instar may temporarily become a part of the aeroplankton. The larvae of the fourth instar have a different type of hair, so they are too heavy to be passively borne by air flows. The higher the instar, the longer the development of larvae, making almost a month in the last (seventh) instar. The duration of food intake is extending proportionately. The larvae of the third and fourth instar eat holes in the foliage, older larvae eat the leaves from the sides or from the tip toward the central vein, the larvae of the last instar often eat the central vein or part of the petiole.

Beech trees growing in full canopy form only small crowns. Their damage is regularly of diffuse character, thus it is not possible to determine the foci of damage or their expansion within the tree crown. If lack of food is imminent, the larvae usually leave the trees and fall onto the ground. The healthy (not virosis-attacked) larvae can fall from the heights of 20 to 30 meters without injury. When seeking new host tree species they are not able to discern leafy trees from clear-eaten, coniferous or dry trees. The male larvae of the second to ninth instar live without food in a laboratory (at 22 °C and 90% relative air humidity) about eight days (the females can survive without food for nine days).

The frass of the larvae is cylindrical in shape with six longitudinal grooves on the surface. The frass of the first instar is about 0.38 mm in length and 0.23 mm in

diameter, the frass of the adult male larvae is 2.84 mm in length (3.62 in the females) and 2.38 mm in diameter (3.00 in the females). The frass size is conspicuously increasing during feeding of the same instar. The excrements of the lowest instars usually escape out attention, but in the medium-age and in older larvae they are regularly the first sign of the mass outbreak of this pest along with the opening up of the canopy.

The larvae of the first to the third instar undergo development in the first half of the growing season (in the second half of June and in July), the larvae of the 4th and 5th instar in the high season (in the 2nd half of July and in August) and the larvae of the sixth and seventh instar at the end of the growing season (in September and October). That is why the older larvae eat the foliage with a large portion of hardly digestible and nondigestible matters (particularly lignin, hemicellulose and cellulose) and they utilize the food imperfectly. The male larvae during their development on beech eat about 61,000 mm² of foliage (the females about 82,000 mm²) and they destroy including wasteful feeding 67,000 mm² of foliage (the females 90,000 mm²) at the weight 41.82 g/m² in dry matter. The male larvae of the last two instars destroy 89.3% (the females 87.6%) of the total area damaged by the larvae of all instars. The male larvae produce about 2,700 excrements (the females about 2,600) with the volume 10,400 mm³ (the females 17,900 mm³) and the weight in dry matter 2.29 g (the females 3.72 g). The amount of eaten food dynamically changes within the instar. E.g. the larvae of the 7th instar that were eating beech foliage in the laboratory for 20 days, consumed 11.7% on days 1 to 4 of feeding, 21.0% on days 5 to 8, 24.7% on days 9 to 12, 26.2% on days 13 to 16 and 16.4% on days 17 to 20 out of the total food intake.

The leaf area damaged, amount of food intake including the number, size and volume (weight) of excrements are largely influenced by food quality. The larvae feeding on new leaves of birch in a warmed greenhouse consumed on average 51,000 mm² of foliage and including wasteful feeding they destroyed 61,200 mm² of foliage at the weight of 38.04 g/m² in dry matter. The larvae of the last but one instar damaged 12.4% and the larvae of the last instar 83.9% out of the total damaged leaf area. In the course of their

whole development they produced only 1,075 excrements, i. e. 2.5 times less than the larvae feeding on beech foliage produced in the natural environment in the period of long daylight. The total volume of excrements (9,971 mm³) including their weight in dry matter (0.872 g) was almost four times lower. The larvae feeding on the young, delicate, trophically very valuable foliage grown in the greenhouse consumed the largely lower amount of food for their development.

The larvae do not terminate their feeding in the area of the red tail moth mass outbreak in the White Carpathians before the end of September but mostly in October or in early November at the latest. They are hibernating in double cocoons in the aerated superficial layer of the last year's foliage. In the focus of feeding there were 19.3% of cocoons per (curled) leaf, 80.7% of cocoons amidst two to seven leaves or other objects. In the laboratory, 90% of the larvae made cocoons amidst the green leaves of tree species at the spot of feeding while they neglected dry foliage on the bottoms of rearing cylinders.

At the eruption time the male cocoons were 22.6 mm in length (the female ones 24.6 mm) and 12.1 mm in width (the female ones 13.3 mm). Pupae appeared in the cocoons in about a week. The pupal posterior end is extended in so called cremaster, provided with approximately 50 hooks. The pupa is fixated with these hooks to the inner wall of the cocoon. Pupa fixation plays an important role during moth eclosion. The male pupae are on average smaller than the female ones. At the place of mass outbreak, the male pupae were on average 15.8 mm in length (18.9 mm in the females) and 6 mm in width (7 mm in the females). The weight of male pupae made on average 0.298 g (0.501 g in the females). The weight of male pupae parasitized by the ichneumon flies was by 21.1% lower than in the unparasitized pupae (by 32.0% in the females). The pupae can stand tough winters very well which slow down development of entomopathogenic fungi. The fungi caused up to 50% mortality of the pupae in the White Carpathians.

Calliteara (Dasychira) pudibunda L.; embryonic development; larvae; instar number; length of development; food intake; pupation

Kontaktní adresa:

Doc. RNDr. ing. Jaroslav Urban, CSc., Mendelova zemědělská a lesnická univerzita, Lesnická a dřevařská fakulta, Lesnická 37, 613 00 Brno, Česká republika

OBSAH C, H A N V NADZEMNEJ DENDROMASE RÔZNYCH PORASTOVÝCH TYPOV GAŠTANA JEDLÉHO (*CASTANEA SATIVA* MILL.)

F. Tokár

Ústav ekológie lesa SAV Zvolen, pracovisko Nitra, Akademická 2, 945 01 Nitra

Práca zhodnocuje obsah C, H a N v nadzemnej dendromase 23-ročných rôznych porastových typov (nezmiešaných a zmiešaných) gašтана jedlého (*Castanea sativa* Mill.). Najvyšší obsah sa zistil pri C (495,4 mg.g⁻¹) v kôre kmeňa a v trojročných ihliciach borovice lesnej (*Pinus sylvestris* L.). Najvyšší obsah v prepočte na zásobu sušiny nadzemnej dendromasy sa zistil pri C (55 370 kg.ha⁻¹) a N (212 kg.ha⁻¹) v zmiešanom poraste *Castanea sativa* Mill. s *Tilia cordata* Mill., pri H (6 559 kg.ha⁻¹) v zmiešanom poraste *Castanea sativa* Mill. s *Pinus sylvestris* L.

obsah C, H, N; nadzemná dendromasa; porasty *Castanea sativa* Mill.

ÚVOD

V našich prácach (Tokár, 1990, 1994; Tokár, Konôpková, 1993) sme charakterizovali akumuláciu vybraných chemických prvkov (Mg, Ca, K, Na, Zn, Pb, Fe, Mn, Cu) a ich dynamiku v nadzemnej dendromase rôznych porastových typov (nezmiešané a zmiešané porasty) gašтана jedlého (*Castanea sativa* Mill.). Vzhľadom na špecifické prístrojové požiadavky chýbali však údaje o akumulácii C, H a N, ktoré ešte hlbšie charakterizujú rozdielnosti medzi jednotlivými porastami.

MATERIÁL A METÓDA

Pre stanovenie obsahu chemických prvkov C, H a N v jednotlivých komponentoch nadzemnej biomasy boli odobraté vzorky dendromasy troch vzorníkov (pre každú stromovú triedu stredný kmeň) pre každú drevinu a každý typ porastu gašтана jedlého (*Castanea sativa* Mill.) na sérii TVP Lefantovce pri veku 23 rokov. Vzorky sme odobrali v r. 1986 pre tieto typy porastov: nezmiešaný porast *Castanea sativa* Mill. (TVP II), zmiešaný porast *Castanea sativa* Mill. s *Tilia cordata* Mill. (TVP VIII) a zmiešaný porast *Castanea sativa* Mill. s *Pinus sylvestris* L. (TVP X).

Pri terénnych prácach sme zo vzorníkov na chemické analýzy odobrali vzorky z každej tretiny kmeňa, konárov koruny (všetky hrúbkové kategórie) a jednoroč-

ných konárikov (všetko delené na drevo a kôru) a z listov. Vzorky sa sušili do konštantnej hmotnosti pri 105 °C. Vzorky väčšieho priemeru (kmeň, konáre) sme navŕtali tvrdokovom na rôznych miestach cez celý priemer, aby sa zaručila ich homogenita a priemernosť. Tieto vzorky a vzorky odobraté z tenkých konárov, jednoročných konárikov a z listov sa zhomogenizovali na tanierovom mlynčeku. Takto sme získali priemerné vzorky s vhodnou veľkosťou častíc pre chemické analýzy. Z každej vzorky sa urobili tri navážky (trojnásobné opakovanie vzorky). Pre každú listnatú drevinu z každého typu porastov bolo spracovaných 3 x 7 vzoriek a pre borovicu lesnú 3 x 9 vzoriek. Spolu sa analyzovalo 111 vzoriek.

Na stanovenie obsahu C, H a N bol použitý CHN-O/S analyzátor firmy Carlo Erba Model 1106.

PRINCÍP STANOVENIA

Analýzovaná látka sa spáli za pomoci kyslíka a spaľovacích katalyzátorov, spaľné produkty prejdú redukčnou zónou a výsledná zmes plynov N₂, CO₂ a H₂O v prúde hélia ako nosného plynu sa rozdelí v chromatografickej kolóne. Obsah jednotlivých zložiek sa určí pomocou tepelno-vodivostného detektora. Výsledky záznamov v podobe troch chromatografických píkov vyhodnocuje pripojený integrátor. Prístroj sa kalibruje pomocou štandardnej látky.

Podmienky analýzy:

Navážované množstvo: 0,8 až 1,2 mg látky

Teplota spaľovania: 1 020 °C

Nosný plyn: hélium (v čase spaľovania obohatený kyslíkom)

Oxidačné katalyzátory: kyslíčník chromitý, kyslíčník kobaltatokobaltitý striebrený

Redukčné činidlo: drátková meď

Náplň chromatografickej kolóny: Poranak QS

Zo získaných údajov z troch opakovaní sme vypočítali priemerné hodnoty obsahu jednotlivých prvkov v mg.g⁻¹ sušiny každého komponenta. Tie sme prepočítali podľa zásoby nadzemnej dendromasy každej drevinu a každého porastového typu (Tokár, 1990),

I. Obsah chemických prvkov (mg.g⁻¹ sušiny) v nadzemnej biomase gaššana jedlého (*Castanea sativa* Mill.) pri veku 23 rokov na TVP II Lefantovce v r. 1986 – Contents of chemical elements (mg/g dry matter) in the aboveground biomass of Spanish chestnut (*Castanea sativa* Mill.) at stand age of 23 years on permanent research plot II at Lefantovce in 1986

Časť biomasy ¹	Komponent ²	Chemické prvky ³		
		C	H	N
		mg.g ⁻¹ sušiny ⁴		
Kmeň ⁵	drevo ⁹	461,0	57,7	0,0
	kôra ¹⁰	431,6	54,6	4,4
Konáre ⁶	drevo ⁹	457,9	60,9	0,0
	kôra ¹⁰	445,6	58,0	0,9
Jednoročné konáriky ⁷	drevo ⁹	464,1	61,1	1,1
	kôra ¹⁰	448,4	57,6	5,1
Listy ⁸		480,0	62,4	20,7

¹part of biomass, ²component, ³chemical elements, ⁴mg/g dry matter, ⁵stem, ⁶branches, ⁷one-year twigs, ⁸foliage, ⁹wood, ¹⁰bark

II. Obsah chemických prvkov (mg.g⁻¹ sušiny) v nadzemnej biomase gaššana jedlého (*Castanea sativa* Mill.) pri veku 23 rokov na TVP VIII Lefantovce v r. 1986 – Contents of chemical elements (mg/g dry matter) in the aboveground biomass of Spanish chestnut (*Castanea sativa* Mill.) at stand age of 23 years on permanent research plot VIII at Lefantovce in 1986

Časť biomasy ¹	Komponent ²	Chemické prvky ³		
		C	H	N
		mg.g ⁻¹ sušiny ⁴		
Kmeň ⁵	drevo ⁹	458,1	56,4	0,0
	kôra ¹⁰	436,4	52,7	4,0
Konáre ⁶	drevo ⁹	448,0	57,2	0,0
	kôra ¹⁰	456,0	58,8	2,2
Jednoročné konáriky ⁷	drevo ⁹	443,6	56,3	2,6
	kôra ¹⁰	448,7	54,6	4,6
Listy ⁸		470,5	60,8	23,0

For 1–10 see Tab. I

III. Obsah chemických prvkov (mg.g⁻¹ sušiny) v nadzemnej biomase lípy malolistej (*Tilia cordata* Mill.) pri veku 24 rokov na TVP VIII Lefantovce v r. 1986 – Contents of chemical elements (mg/g dry matter) in the aboveground biomass of small-leaved linden (*Tilia cordata* Mill.) at stand age of 24 years on permanent research plot VIII at Lefantovce in 1986

Časť biomasy ¹	Komponent ²	Chemické prvky ³		
		C	H	N
		mg.g ⁻¹ sušiny ⁴		
Kmeň ⁵	drevo ⁹	442,3	59,0	1,9
	kôra ¹⁰	472,3	64,7	5,1
Konáre ⁶	drevo ⁹	455,7	60,3	0,5
	kôra ¹⁰	471,1	64,4	5,1
Jednoročné konáriky ⁷	drevo ⁹	468,0	62,9	4,6
	kôra ¹⁰	446,6	60,4	4,4
Listy ⁸		449,8	61,2	23,8

For 1–10 see Tab. I

IV. Obsah chemických prvkov (mg.g⁻¹ sušiny) v nadzemnej biomase gaššana jedlého (*Castanea sativa* Mill.) pri veku 23 rokov na TVP X Lefantovce v r. 1986 – Contents of chemical elements (mg/g dry matter) in the aboveground biomass of Spanish chestnut (*Castanea sativa* Mill.) at stand age of 23 years on permanent research plot X at Lefantovce in 1986

Časť biomasy ¹	Komponent ²	Chemické prvky ³		
		C	H	N
		mg.g ⁻¹ sušiny ⁴		
Kmeň ⁵	drevo ⁹	461,2	58,1	0,0
	kôra ¹⁰	444,2	56,2	3,7
Konáre ⁶	drevo ⁹	459,5	57,5	0,1
	kôra ¹⁰	439,9	54,9	3,1
Jednoročné konáriky ⁷	drevo ⁹	457,8	57,6	2,5
	kôra ¹⁰	445,9	54,1	4,3
Listy ⁸		475,2	58,8	24,3

For 1–10 see Tab. I

V. Obsah chemických prvkov (mg.g⁻¹ sušiny) v nadzemnej biomase borovice lesnej (*Pinus sylvestris* L.) pri veku 24 rokov na TVP X Lefantovce v r. 1986 – Contents of chemical elements (mg/g dry matter) in the aboveground biomass of Scotch pine (*Pinus sylvestris* L.) at stand age of 24 years on permanent research plot X at Lefantovce in 1986

Časť biomasy ¹	Komponent ²	Chemické prvky ³		
		C	H	N
		mg.g ⁻¹ sušiny ⁴		
Kmeň ⁵	drevo ⁹	471,7	61,7	0,0
	kôra ¹⁰	495,8	54,2	0,0
Konáre ⁶	drevo ⁹	475,3	59,8	0,0
	kôra ¹⁰	432,9	55,7	4,5
Jednoročné konáriky ⁷	drevo ⁹	483,9	65,0	3,6
	kôra ¹⁰	485,2	65,6	5,9
Ihlice ⁸	jednoročné	485,3	66,3	12,8
	dvojročné	479,5	65,3	14,1
	trojročné	495,8	66,6	11,7

For 1–7, 9–10 see Tab. I, ⁸needles

čím sme dostali celkovú akumuláciu (obsah) prvkov v kg.ha⁻¹. To umožnilo aj prepočet obsahu prvkov na jednu tonu nadzemnej dendromasy (kg.t⁻¹), čo uľahčuje vzájomné porovnanie všetkých porastových typov podľa indexu poradia.

VÝSLEDKY

OBSAH CHEMICKÝCH PRVKOV V NADZEMNEJ DENDROMASE PORASTOTVORNÝCH DREVÍN

Najvyšší obsah C (495,4 mg.g⁻¹) sa zistil v kôre kmeňa a v trojročných ihliciach u borovice lesnej. Najnižší obsah C (431,6 mg.g⁻¹) bol zistený v kôre kme-

ňa u gaššana jedlého pestovaného v nezmiešanom poraste.

Vodík má najvyššie zastúpenie v trojročných ihličiacich u borovice lesnej ($66,6 \text{ mg.g}^{-1}$). Najnižšie hodnoty vodíka boli zistené v kôre kmeňa gaššana jedlého pestovaného v zmiešanom poraste s lipou malolistou ($52,7 \text{ mg.g}^{-1}$).

Najviac dusíka ($24,3 \text{ mg.g}^{-1}$) bolo zistené v listoch gaššana jedlého pestovaného v zmiešanom poraste s borovicou lesnou. Najmenej dusíka ($0,0 \text{ mg.g}^{-1}$) má drevo kmeňa a drevo konárov gaššana jedlého zo všetkých porastových typov a drevo kmeňa a drevo konárov borovice lesnej.

CELKOVÉ MNOŽSTVO CHEMICKÝCH PRVKOV PREPOČÍTANÉ NA MNOŽSTVO NADZEMNEJ DENDROMASY PODĽA PORASTOVÝCH TYPOV

V tab. VI až X sú uvedené prepočítané hodnoty prvkov podľa množstva nadzemnej dendromasy (jej komponentov) a porastových typov, vypočítané podľa zastúpenia (účasti) jednotlivých drevín v porastoch. Vzhľadom na podiel zastúpenia komponentov v nadzemnej dendromase má u všetkých drevín najvyššie zastúpenie C v dreve kmeňa (najviac $32\,924 \text{ kg.ha}^{-1}$ u gaššana jedlého pestovaného v zmiešanom poraste s lipou malolistou). Najvyšší obsah H má drevo kmeňa

VI. Obsah chemických prvkov v nadzemnej biomase gaššana jedlého (*Castanea sativa* Mill.) pri veku 23 rokov na TVP II Lefantovce v r. 1986 – Contents of chemical elements in the aboveground biomass of Spanish chestnut (*Castanea sativa* Mill.) at stand age of 23 years on permanent research plot II at Lefantovce in 1986

Časť biomasy ¹	Komponent ²	Sušina ³	Chemické prvky ⁴		
			C	H	N
		(t.ha ⁻¹)	(kg.ha ⁻¹)		
Kmeň ⁵	drevo ¹¹	70,59	32 541,99	4 073,04	–
	kôra ¹²	11,34	4 894,34	619,16	49,90
	spolu ¹³	81,93	37 436,33	4 692,20	49,90
Konáre ⁶	drevo ¹¹	11,49	5 261,27	699,74	–
	kôra ¹²	3,84	1 711,10	222,72	3,45
	spolu ¹³	15,33	6 972,37	922,76	3,45
Jednoročné konáriky ⁷	drevo ¹¹	0,44	204,20	26,88	0,48
	kôra ¹²	0,40	179,36	23,04	2,04
	spolu ¹³	0,84	383,56	49,92	2,52
Listy ⁸		4,53	2 174,40	282,67	93,77
Letorasty spolu ⁹		5,37	2 557,96	332,59	96,29
Celkom ¹⁰		102,63	46 966,66	5 947,55	149,64

¹part of biomass, ²component, ³dry matter, ⁴chemical elements, ⁵stem, ⁶branches, ⁷one-year twigs, ⁸foliage, ⁹total of annual shoots, ¹⁰total, ¹¹wood, ¹²bark, ¹³total

VII. Obsah chemických prvkov v nadzemnej biomase gaššana jedlého (*Castanea sativa* Mill.) pri veku 23 rokov na TVP VIII Lefantovce v r. 1986 – Contents of chemical elements in the aboveground biomass of Spanish chestnut (*Castanea sativa* Mill.) at stand age of 23 years on permanent research plot VIII at Lefantovce in 1986

Časť biomasy ¹	Komponent ²	Sušina ³ (t.ha ⁻¹)	Chemické prvky ⁴		
			C	H	N
			(kg.ha ⁻¹)		
Kmeň ⁵	drevo ¹¹	71,87	32 923,64	4 053,46	–
	kôra ¹²	4,95	2 160,18	260,86	19,80
	spolu ¹³	76,82	35 083,82	4 314,32	19,80
Konáre ⁶	drevo ¹¹	9,41	4 215,68	78,93	–
	kôra ¹²	1,38	629,28	81,14	3,03
	spolu ¹³	10,79	4 844,96	160,07	3,03
Jednoročné konáriky ⁷	drevo ¹¹	0,18	79,84	10,13	0,46
	kôra ¹²	0,07	31,40	3,82	0,32
	spolu ¹³	0,25	111,24	13,95	0,78
Listy ⁸		3,14	1 477,37	190,91	72,22
Letorasty spolu ⁹		3,39	1 588,61	204,86	73,00
Celkom ¹⁰		91,00	41 517,39	4 679,25	95,83

For 1–13 see Tab. VI

gaštana jedlého v nezmiešanom poraste ($4\,073\text{ kg}\cdot\text{ha}^{-1}$). Najvyšší obsah N bol zistený v listoch gaštana jedlého v nezmiešanom poraste ($94\text{ kg}\cdot\text{ha}^{-1}$). Žiadne množstvo N vykazuje zásoba dreva kmeňa a dreva konárov pri gaštane jedlom a borovici lesnej.

Z tab. XI vidno, že najvyšší obsah C ($55\,370\text{ kg}\cdot\text{ha}^{-1}$) a N ($212\text{ kg}\cdot\text{ha}^{-1}$) je v zmiešanom poraste gaštana jedlého s lipou malolistou, H ($6\,559\text{ kg}\cdot\text{ha}^{-1}$) v zmiešanom poraste gaštana jedlého s borovicou lesnou.

V prepočte na 1 t zásoby nadzemnej dendromasy (tab. XII) sa najvyšší obsah C ($933\text{ kg}\cdot\text{t}^{-1}$) a H ($117\text{ kg}\cdot\text{t}^{-1}$) zistil v zmiešanom poraste gaštana jedlého s borovicou lesnou, N ($5\text{ kg}\cdot\text{t}^{-1}$) v zmiešanom poraste gaštana jedlého s lipou malolistou.

DISKUSIA

Obsah vybraných chemických prvkov v nadzemnej dendromase vychovávaných rôznych porastových typov gaštana jedlého zhodnocuje Tokár (1990, 1994). Zistil, že pri zmiešaných porastoch pri veku 23 rokov sa najvyšší obsah prvkov zistil v zmiešanom poraste gaštana jedlého s lipou malolistou. Porovnávajúc údaje o obsahu N, C a H (v $\text{mg}\cdot\text{g}^{-1}$) podľa drevín vidíme, že najvyššie hodnoty pri C sa najčastejšie zistili u borovice lesnej, pri N u lipy malolistej.

Vzhľadom na túto skutočnosť ako aj pomerne vysoké zásoby nadzemnej dendromasy v zmiešaných porastoch gaštana jedlého s lipou malolistou a gaštana jed-

VIII. Obsah chemických prvkov ($\text{mg}\cdot\text{g}^{-1}$ sušiny) v nadzemnej biomase lipy malolistej (*Tilia cordata* Mill.) pri veku 24 rokov na TVP VIII Lefantovce v r. 1986 – Contents of chemical elements in the aboveground biomass of small-leaved linden (*Tilia cordata* Mill.) at stand age of 24 years on permanent research plot VIII at Lefantovce in 1986

Časť biomasy ¹	Komponent ²	Sušina ³ ($\text{t}\cdot\text{ha}^{-1}$)	Chemické prvky ⁴		
			C	H	N
Kmeň ⁵	drevo ¹¹	20,81	9 204,63	1 227,79	39,53
	kôra ¹²	0,95	405,93	61,46	4,84
	spolu ¹³	21,76	9 610,56	1 289,25	44,37
Konáre ⁶	drevo ¹¹	4,84	2 205,58	291,85	2,42
	kôra ¹²	1,34	631,27	86,29	6,83
	spolu ¹³	6,18	2 836,85	378,14	9,25
Jednoročné konárik ⁷	drevo ¹¹	0,20	93,60	12,58	0,92
	kôra ¹²	0,42	187,57	25,36	1,84
	spolu ¹³	0,62	281,17	37,94	2,76
Listy ⁸		2,50	1 124,50	15,30	59,50
Letorasty spolu ⁹		3,12	1 405,67	190,94	62,26
Celkom ¹⁰		31,06	13 853,08	1 858,33	115,88

For 1–13 see Tab. VI

IX. Obsah chemických prvkov v nadzemnej biomase gaštana jedlého (*Castanea sativa* Mill.) pri veku 23 rokov na TVP X Lefantovce v r. 1986 – Contents of chemical elements in the aboveground biomass of Spanish chestnut (*Castanea sativa* Mill.) at stand age of 23 years on permanent research plot X at Lefantovce in 1986

Časť biomasy ¹	Komponent ²	Sušina ³ ($\text{t}\cdot\text{ha}^{-1}$)	Chemické prvky ⁴		
			C	H	N
Kmeň ⁵	drevo ¹¹	63,91	29 475,29	3 713,17	–
	kôra ¹²	8,66	3 846,77	486,69	32,04
	spolu ¹³	72,57	33 322,06	4 199,86	32,04
Konáre ⁶	drevo ¹¹	9,47	4 351,46	544,52	0,94
	kôra ¹²	2,27	998,57	12,46	7,03
	spolu ¹³	11,74	5 350,03	556,98	7,97
Jednoročné konárik ⁷	drevo ¹¹	0,25	114,45	14,40	0,62
	kôra ¹²	0,20	89,18	10,82	0,86
	spolu ¹³	0,45	203,63	25,22	1,48
Listy ⁸		3,18	1 511,13	186,98	77,27
Letorasty spolu ⁹		3,63	1 714,76	212,20	78,75
Celkom ¹⁰		87,94	40 386,85	4 969,04	118,76

For 1–13 see Tab. VI

X. Obsah chemických prvkov v nadzemnej biomase borovice lesnej (*Pinus sylvestris* L.) pri veku 24 rokov na TVP X Lefantovce v r. 1986 – Contents of chemical elements in the aboveground biomass of Scotch pine (*Pinus sylvestris* L.) at stand age of 24 years on permanent research plot X at Lefantovce in 1986

Časť biomasy ¹	Komponent ²	Sušina ³ (t.ha ⁻¹)	Chemické prvky ⁴		
			C	H	N
			(kg.ha ⁻¹)		
Kmeň ⁵	drevo ¹¹	15,36	7 245,31	947,71	–
	kôra ¹²	2,50	1 239,50	135,50	–
	spolu ¹³	17,86	8 484,81	1 083,21	–
Konáre ⁶	drevo ¹¹	5,18	2 462,05	309,76	–
	kôra ¹²	1,11	480,51	61,82	4,99
	spolu ¹³	6,29	2 942,56	371,58	4,99
Jednoročné konárik ⁷	drevo ¹¹	0,16	17,42	10,40	0,57
	kôra ¹²	0,15	72,78	9,84	0,88
	spolu ¹³	0,31	150,20	20,24	1,45
Ihlice ⁸	jednoročné	0,83	402,79	55,02	10,62
	dvojrôčné	0,65	311,67	42,44	9,16
	trojrôčné	0,26	128,90	17,31	3,04
	spolu	1,74	843,36	114,77	22,82
Celkom ¹⁰		26,20	12 420,93	1 589,80	29,26

For 1–7, 10–13 see Tab. VI, ⁸needles

XI. Obsah chemických prvkov v nadzemnej biomase rôznych porastových typov gaštanu jedlého (*Castanea sativa* Mill.) na TVP Lefantovce v r. 1986 – Contents of chemical elements in the aboveground biomass of various stand types of Spanish chestnut (*Castanea sativa* Mill.) on permanent research plot Lefantovce in 1986

TVP	Drevina ¹	Vek ² (roky)	Biomasa v sušine ³ (t.ha ⁻¹)	Chemické prvky ⁴		
				C	H	N
				(kg.ha ⁻¹)		
II	<i>Castanea sativa</i> Mill.	23	102,63	46 966,66	5 947,55	149,64
VIII	<i>Castanea sativa</i> Mill.	23	91,00	41 517,39	4 679,25	95,83
	<i>Tilia cordata</i> Mill.	24	31,06	13 853,08	1 858,33	115,88
	Spolu ⁵		122,06	55 370,47	6 537,58	211,71
X	<i>Castanea sativa</i> Mill.	23	87,94	40 386,85	4 969,04	118,76
	<i>Pinus sylvestris</i> L.	24	26,20	12 420,93	1 589,80	29,26
	Spolu ⁵		114,14	52 807,78	6 558,84	148,02

¹tree species, ²age, ³biomass in dry matter, ⁴chemical elements, ⁵total

XII. Prepočet obsahu chemických prvkov (kg.t⁻¹) v nadzemnej biomase rôznych porastových typov gaštanu jedlého (*Castanea sativa* Mill.) na TVP Lefantovce v r. 1986 – Calculation of contents of chemical elements (kg/t) in the aboveground biomass of various stand types of Spanish chestnut (*Castanea sativa* Mill.) on permanent research plot Lefantovce in 1986

TVP	Drevina ¹	Vek ² (roky)	Biomasa v sušine ³ (t.ha ⁻¹)	Chemické prvky ⁴		
				C	H	N
				(kg.ha ⁻¹)		
II	<i>Castanea sativa</i> Mill.	23	102,63	457,63	57,95	1,45
VIII	<i>Castanea sativa</i> Mill.	23	91,00	456,23	51,42	1,05
	<i>Tilia cordata</i> Mill.	24	31,06	446,01	59,83	3,73
	Spolu ⁵		122,06	902,24	111,25	4,78
X	<i>Castanea sativa</i> Mill.	23	87,94	459,25	56,50	1,35
	<i>Pinus sylvestris</i> L.	24	26,20	474,08	60,67	1,11
	Spolu ⁵		114,14	933,33	117,17	2,46

For 1–5 see Tab. XI

lého s borovicou lesnou pri veku 23 rokov zisťujeme aj pomerne vysoký celkový obsah prvkov C, H a N v týchto porastových typoch. Tieto údaje pri N neprevyšujú, avšak pri C prevyšujú údaje z literatúry domácich (Bublinec, 1981, 1982; Klimo, 1983) i zahraničných autorov (Duvigneaud, 1967, in Dykyjová et al., 1989; Duvigneaud et al., 1969, in Larcher, 1988), uvádzané však pre porasty vyššieho veku. Porovnávacie údaje pre H sme v literatúre nenašli. Pre 31-ročné nezmiešané porasty gaššana jedlého vyhovávajúce úrovňovými prebiekmi s pozitívnym výberom sa najvyšší obsah prvkov zistil v porastoch vyhovávajúcich silnými úrovňovými prebiekmi a intervalom opakovania desať rokov (Tokár, 1994).

Obsah N v lesných porastoch domácich hospodárskych drevín zhodnocujú Bublinec (1981, 1982) a Klimo (1983). Pre 78-ročný dubovo-hrbový porast v Bábe uvádza Bublinec (1982) obsah 347 kg.ha⁻¹, pre 60-ročný smrekový porast (1981) obsah N 430 kg.ha⁻¹. Klimo (1983) pre 75-ročný porast smreka obyčajného zistil obsah N 413 kg.ha⁻¹.

Význam bioprvkov vo fyziológii rastlín opisuje Rubin (1966) a Švihra et al. (1989). Z pedologického hľadiska pre výživu rastlín je dôležitý pomer C : N. Optimum je 10 : 1 (Bedrna, 1984; Šály, 1988).

Literatúra

BEDRNA, Z., 1984. Pôda. Bratislava, Príroda: 209.

BUBLINEC, E., 1981. Hlavné zložky kolobehu bioprvkov medzi pôdou a lesným porastom v typických ekosystémoch strednej Európy. Lesnictví, 27: 715–726.

BUBLINEC, E., 1982. Cykly makroživín vo výmladkovej hrabovej dúbave. Lesn. Čas., 26: 305–314.

DYKYJOVÁ, D. et al., 1989. Metody studia ekosystémů. Praha, Academia: 692.

KLIMO, E., 1983. Vliv holopasečného způsobu těžby dřeva na půdní vlastnosti a koloběh elementů v ekosystému smrkového lesa. Lesnictví, 29: 497–511.

LARCHER, W., 1988. Fyziologická ekologie rostlin. Praha, Academia: 368.

RUBIN, A. B., 1966. Fyziologie rostlin. Praha, Academia: 488.

ŠVIHRA, J., 1989. Fyziologie rostlin. Bratislava, Príroda: 348.

ŠÁLY, R., 1988. Pedológia a mikrobiológia. Zvolen, LF VŠL: 376.

TOKÁR, F., 1990. Akumulácia vybraných chemických prvkov v nadzemnej biomase rôznych typov porastov gaššana jedlého (*Castanea sativa* Mill.). Lesnictví, 36: 113–126.

TOKÁR, F., 1994. Obsah vybraných chemických prvkov v nadzemnej dendromase vyhovávajúcich nezmiešaných porastov gaššana jedlého (*Castanea sativa* Mill.). Lesn. Čas. – Forestry Journal, 40: 3–10.

TOKÁR, F. – KONŮPKOVÁ, J., 1993. Vplyv prebiek na zmeny obsahu vybraných chemických prvkov v nadzemnej dendromase rôznych porastových typov gaššana jedlého (*Castanea sativa* Mill.). Lesnictví-Forestry, 39: 502–507.

The author is grateful to the Slovak agency for science (grant No 2 103 894) for partial supporting of this work.

Došlo 22. 3. 1994

C, H AND N CONTENTS IN THE ABOVEGROUND DENDROMASS OF VARIOUS TYPES OF SPANISH CHESTNUT (*CASTANEA SATIVA* MILL.) STAND

F. Tokár

Institute of Forest Ecology, Slovak Academy of Sciences, Zvolen, Nitra workplace, Akademická 2, 945 01 Nitra

The paper evaluates accumulation of C, H and N in the aboveground dendromass of various 23-year stand types (pure and mixed) of Spanish chestnut (*Castanea sativa* Mill.).

The highest content has been found for C (495.4 mg/g) in bark and 3-year needles of Scotch pine (*Pinus sylvestris* L.), for H (66.6 mg/g) in 3-year needles of Scotch pine and for N (24.3 mg/g) in the leaves of Spanish chestnut in a mixed stand with Scotch pine.

The highest accumulation in calculation per dry matter reserve of the aboveground biomass has been found in C (55,370 kg/ha) and N (212 kg/ha) in a mixed stand of *Castanea sativa* Mill. with *Tilia cordata* Mill. and in H (6,559 kg/ha) in a mixed stand of *Castanea sativa* Mill. with *Pinus sylvestris* L.

C, H and N accumulation; aboveground biomass; stands of *Castanea sativa* Mill.

Kontaktná adresa:

Ing. Ferdinand Tokár, DrSc., Ústav ekológie lesa SAV Zvolen, pracovisko Nitra, Akademická 2, 945 01 Nitra, Slovenská republika

NADZEMNÁ BIOMASA A VODNÁ KAPACITA DOMINANTNÝCH RASTOVÝCH FORIEM PORASTU TOPOĽA ROBUSTA

J. Oszlányi

Ústav krajiny ekológie SAV, Štefánikova 3, 814 99 Bratislava

V dospelom poraste topoľa Robusta v dosahu vodného diela Gabčíkovo bola vykonaná analýza nadzemnej časti drevín krovitej a stromovej vrstvy, pričom sa pri výbere vzorníkov vychádzalo zo štruktúry oboch rastových foriem. V suchom stave má nadzemná biomasa stromov $273,05 \text{ t.ha}^{-1}$ a krovitej vrstvy $10,86 \text{ t.ha}^{-1}$. Obsah vody v biomase drevín (stromy a krovitý podrast) je $318,65 \text{ t.ha}^{-1}$.

lužný lesný ekosystém; nadzemná biomasa; vodná kapacita

ÚVOD

V súvislosti s vypracovaním lokálnej environmentálnej štúdie pracoval tím vedeckých pracovníkov v modelovom lesnom poraste prechodného luhu. Porast bol komisionálne vybraný tak, aby predstavoval najviac zastúpený lesný ekosystém v oblasti v dosahu výstavby vodného diela na Dunaji.

Pri práci na viacerých produkčno-ekologických charakteristikách sme v poraste vykonali aj všetky merania, ktoré rezultovali v informácii o množstve nadzemnej biomasy a vodnej kapacite dominantných rastových foriem. Pri prácach sme sa opierali o charakteristiky štruktúry porastu.

Oblasť v medzihrádzovom priestore Dunaja je v súčasnosti a bezpochyby bude aj v budúcnosti v centre pozornosti ekologov, prírodovedcov i lesníkov. Dôsledky sprevádzkovania variantu C vodného diela Gabčíkovo na všetky druhy ekosystémov v jeho dosahu budú predmetom početných výskumov. Preto treba kvitovať vedecký záujem o túto oblasť v minulosti, kedy sa viacerí vedeckí pracovníci usilovali o zdokumentovanie situácie, typickej pre pôvodné pomery, kedy celý ekosystém tejto vnútrozemskej delty fungoval v rovnováhe s hydrologickou situáciou, determinovanou vybudovaním hrádzí v minulom storočí. Z veľkého množstva prác spomeniem aspoň práce autorov Kubíček et al. (1989) a Cifra et al. (1981), Cifra (1987).

OPIS MODELOVÉHO PORASTU

Výskumná plocha bola vytýčená v lesnom poraste 61h, v ktorom hospodáril Lesný závod Dunajská Streda (dnes LZ Palárikovo), Lesná správa Gabčíkovo. Porast leží v medzihrádzovom priestore v katastrálnom území obce Trstená na Ostrove. Miestny názov je Kráľovská lúka. Porast sa nachádza na inundovanom území Dunaja, na rovine v nadmorskej výške 116 m. Pre lokalitu sú charakteristické pravidelné záplavy, kedy je povrch pôdy obohacovaný novým materiálom a tým aj živinami. Pôdntvorným materiálom sú naplaveniny. Pôdny typ je glejová paternia na alúviu, ktorá je okrem iného charakteristická neustálym silným vplyvom podzemnej vody ako aj vyvinutým a značne prehumóznym horizontom A; tento priaznivo ovplyvňuje fyzikálne a biologické vlastnosti pôdy.

Porast patrí do hospodárskeho súboru lesných typov 125 – dubová jaseňina (*Querceto-Fraxinetum*), lesný typ 932 – ostružinová dubová jaseňina na humózných alúviách (*Querceto-Fraxinetum* s *Rubus caesius*, *Deschampsia caespitosa* a *Leucocjum aestivum*). Odrazom zvýšenej vlhkosti v pôde je bohatá bylinná vegetácia, ktorú tvoria mokradné druhy, nitrofilné a nitrátofilné druhy, pričom rozhodujúcim dominantným druhom v pokryvnosti i biomase je žihľava dvojdomá (*Urtica dioica*).

Porast patrí do hospodárskeho súboru 19 H-V-30 a jeho celková výmera je 4,08 ha. Tvoria ho sfachtený topoľ Robusta. Vek porastu je 27 rokov (1988), zakmenenie je 1,0 a celková zásoba drevnej hmoty je $1\,673 \text{ m}^3$ (bez kôry). Topoľ má v poraste bonitu 1.

Krovitý podrast je bohatý a vytvára kompaktnú vrstvu na väčšine plochy porastu. Z drevín v krovitej vrstve prevažuje svib krvavý [*Swida sanguinea* (L.) OPIZ], čremcha obyčajná (*Padus avium* L.), kalina siripútková (*Viburnum opulus* L.), ojedinele sa vyskytuje jaseň štíhly (*Fraxinus excelsior* L.), javorovec jaseňolistý (*Negundo aceroides* Moench) a brest hrabolistý (*Ulmus minor* L.).

V opísanom dospelom poraste topoľa sfachteného Robusta s bohatým krovitým podrastom sme vytýčili výskumnú plochu s rozmermi 50 x 50 m, t. j. s plochou

2 500 m². Plochu sme pre dendrometrické merania rozdelili pomocou árovej siete na 25 árov (10 x 10 m). Všetky dreviny, ktoré vo výške 1,3 m ($d_{1,3}$) dosahujú hrúbku 8 cm a viac, sme pojali do kategórie stromy. Tieto stromy boli očíslované, vyznačená bola výška meriska (1,3 m). Situácia stromového inventáru (stred kmeňa) bola zameraná vzhľadom k árovej sieti a vynešená do pracovnej mapy.

Každý strom s hrúbkou $d_{1,3} \geq 8$ cm sme pri terénnych prácach zaradili do KRAFTovej klasifikačnej stupnice, ktorá vyjadruje biosociologické postavenie stromu v poraste (trieda 1 – stromy predstavné, 2 – úrovňové, 3 – čiastočne úrovňové, 4 – podúrovňové, 5 – úplne zatienené, typicky podúrovňové stromy), zmerali sme jeho hrúbku vo výške 1,3 m a výšku h (pomocou výškomera Blume-Leiss).

Do kategórie „krovitý podrast“ patrili všetky dreviny, ktoré vo výške 1,3 m nedosahovali hrúbku 8 cm alebo nedosahovali ani výšku 1,3 m. Keďže meranie situácie krovitého podrastu (jednotlivých jedincov v krovitom podraze) by bolo v predmetnom poraste neúnosné, inventarizácia pozostávala z dvoch pracovných krokov: v árovej sieti sme zaznamenali hranice súvislého krovitého podrastu a potom sme urobili inventarizáciu jedincov v krovitom podraze na vybraných desiatich ploškách s výmerou 5 x 5 m, t. j. 25 m². Plošky sme vyberali tak, aby do inventarizácie boli pojaté všetky vzrastové štádiá krovín, vyskytujúcich sa na ploche. Dbali sme takisto na to, aby úmerne svojmu zastúpeniu boli na ploškách všetky dreviny podrastu. Na ploškách s výmerou 5 x 5 m sme zmerali hrúbku kmienka pri zemi, pričom sme zaznamenali aj druh dreviny.

V čase meraní (zima 1987/88) bolo na výskumnej ploche 324 stromov, z čoho bolo 304 topofov šľachtiených, kultivar Robusta, a 20 stromov iných drevín [štyri stromy hrab obyčajný *Carpinus betulus* L., štyri čremcha obyčajná *Padus avium* L., štyri brest hrabolitý *Ulmus minor* L. a osem stromov svíba krvavý *Swida sanguinea* (L.) OPIZ]. Kruhovú základňu vo výške 1,3 m bola 41,27 m².ha⁻¹. Aritmetický priemer hrúbok je 38,6 cm a výšok 33,2 m. Hlavnými nositeľmi produkcie, teda i biomasy, sú stromy úrovňové a predstavné, ktoré predstavujú až 70 % z celkového počtu stromov. Bližšie informácie obsahuje práca OSZLÁNYIHO (1992).

Krovitý podrast pokrýva veľkú časť plochy modelového porastu, a to 87,62 % plochy. Krovitý podrast je tvorený hlavne dvoma drevinami – svíbm krvavým a čremchou obyčajnou. Obe dreviny sú mozaikovitě zastúpené po celej ploche pokrytej krovitým podrastom. Pri oboch drevinách je výrazná biosociologická diferenciácia: značnú časť zaberajú staršie jedince (s odhadovaným vekom 15 až 20 rokov), ktoré clonia pôdu do tej miery, že sa pod nimi vyskytujú len byliny jarného aspektu (vegetujúce len vo včasnej jari – do rozvitiu listov drevín v stromovej i krovitej etáži). Na ďalších častiach plochy sa takisto vyskytujú dve dreviny v mladších rastových štádiách, z čoho veľkú časť

tvoria výmladky s povodňou ohnutých, resp. zlomených starších jedincov. Časť modelového porastu (12,38 %) je bez krovitého podrastu.

Na 100 m² plochy porastu, na ktorej sa vyskytuje krovitý podrast, sa nachádza priemerne 403 jedincov svíba krvavého *Swida sanguinea* (L.) OPIZ, 92 jedincov čremchy obyčajnej *Padus avium* L. ako aj štyria jedince jaseňa štíhleho *Fraxinus excelsior* L. a dva jedince kaliny siripútkovej *Viburnum opulus* L. Pri prepočte na jeden hektár (pri 87,62% pokryvnosti plochy drevitým podrastom) sa na ploche nachádza 35 310 stromov svíba krvavého *Swida sanguinea* (L.) OPIZ, 8 061 čremchy obyčajnej *Padus avium* L., 350 jaseňa štíhleho *Fraxinus excelsior* L. a 175 stromov kaliny siripútkovej *Viburnum opulus* L.

MATERIÁL A METÓDY

Naše výpočty sa opierali o údaje získané na vzorníkoch, ktoré sme analyzovali deštruktívnym spôsobom. Merania sme vykonali dovedna na 21 spílených vzorníkoch všetkých stromových tried, pričom najviac boli zastúpené vzorníky stromov úrovňových a nadúrovňových.

Nadzemná biomasa vzorníkov sa rozdelila na biomasu kmeňa a korún. Kmeň sa rozdelil na sekcie o dĺžke 1 m tak, aby sa každá mohla zvážiť. Koruny sa rozdelili na hrúbkové kategórie (0 až 1,5; 1,5 až 3,0; 3,0 až 5,0; 5,0 až 7,0; 7,0 až 10,0; 10,0 až 15,0; 15,0 až 20,0 a 20 cm a viac). V kategórii konárikov (0 až 1,5 cm) sa na vzorke oddelili listy. Po odobratí vzoriek, ich laboratórnom spracovaní, vysušení pri 75 °C a porovnaní hmotností jednotlivých častí biomasy sme dostali aj údaj o vodnej kapacite, t. j. o obsahu vody v jednotlivých kategóriách biomasy. Prepočet na jednotlivé priemerné stromy stromových tried a následne na celkové počty v čiastkových súboroch stromov stromových tried na jeden hektár rezultoval vo výsledných hodnotách, ktoré tu prezentujeme.

Z krovitej etáže sme analyzovali 17 vzorníkov svíba krvavého a 14 vzorníkov čremchy obyčajnej. Ich hrúbka a výška bola volená tak, aby pri následných výpočtoch nebola potrebná extrapolácia.

VÝSLEDKY

Nadzemná biomasa hlavného porastu má nasledovnú hmotnosť:

	Čerstvý stav (t.ha ⁻¹)	Suchý stav (t.ha ⁻¹)
Kmene – drevo	385,41	180,68
Kmene – kôra	46,97	21,06
Kmene spolu	432,38	201,74
Koruny – drevo	97,92	52,34
Koruny – kôra	37,23	15,60
Koruny spolu	135,15	67,94

	Čerstvý stav (t.ha ⁻¹)	Suchý stav (t.ha ⁻¹)
Celkom stromy – drevo	483,33	233,02
Celkom stromy – kôra	84,20	36,66
Celkom stromy – listy	9,36	3,37
Celkom stromy spolu	576,89	273,05

Obsah vody v nadzemnej biomase stromov je v neolistenom stave 297,85 t.ha⁻¹ a v období s listami 303,84 t.ha⁻¹.

Nadzemná biomasa krovitého podrastu bola vypočítaná na základe stanovenia hmotnosti vzorníkov svíba krvavého a čremchy obyčajnej. Ako je to pri produkčno-ekologických štúdiách obvyklé, nadzemnú biomasu sme delili len na drevo, kôru a listy. Znovu opakujeme, že krovitý podrast sa vyskytuje len na 87,62 % celkovej plochy porastu.

Nadzemná biomasa krovitého podrastu je:

	V čerstvom stave (t.ha ⁻¹)	V suchom stave (t.ha ⁻¹)
Drevo	15,81	8,44
Kôra	3,55	1,26
Drevo a kôra spolu	19,36	9,70
Listy	5,31	1,16
Krovitý podrast spolu	24,67	10,86

Obsah vody v biomase krovitého podrastu bez listov je 9,66 t.ha⁻¹ a v biomase s listami je 13,81 t.ha⁻¹.

Nadzemná biomasa drevín dovedna, t. j. drevín kategórie „stromy“ a „krovitý podrast“, je:

	V čerstvom stave (t.ha ⁻¹)	V suchom stave (t.ha ⁻¹)
Drevo	499,14	241,46
Kôra	87,75	37,92
Drevo a kôra spolu	586,89	279,38
Listy	14,67	4,53
Všetky dreviny spolu	601,56	283,91

Obsah vody v biomase drevín (stromy a krovitý podrast) bez listov je 307,51 t.ha⁻¹ a v biomase drevín s listami 318,65 t.ha⁻¹.

V modelovom dospelom poraste šľachteného topoľa Robusta boli vykonané potrebné merania tak, aby zostavená vedecká informácia dávala prehľad o nadzemnej biomase, jej členení ako aj o obsahu vody v nej.

Výber vzorníkov stromovej i krovitej etáže sa opiera o charakteristiku štruktúry oboch etáží. Vzorníky stromov boli vybrané tak, aby reprezentovali všetky stromové triedy (Kraft), vzorníky krovitého podrastu reprezentovali dva najrozšírenejšie drevinné druhy.

Deštrukčná analýza vzorníkov poskytla údaje, po prepočte ktorých sme dospeli k výsledným hodnotám, kvantifikujúcim hmotnosť nadzemnej biomasy stromov (členená na drevo, kôru, listy, zvlášť koruny, kmene) a krovitej etáže (členená na drevo, kôru a listy). Údaje o biomase sa stanovili v čerstvom a suchom stave. Ich rozdiel udáva vodnú kapacitu oboch analyzovaných rastových foriem, vyskytujúcich sa v poraste.

Prezentované výsledky výskumu poukazujú na situáciu v človekom zriadenom a udržiavanom lesnom ekosystéme, v ktorom sa za luxusných rastových podmienok pestuje jeden z najproduktívnejších klonov topoľa – topoľ Robusta. Všetky údaje sú viazané na nezmenené, pôvodné rastové pomery pred sprevádzkovaním vodného diela Gabčíkovo.

Literatúra

- CIFRA, J. et al., 1981. Biologicko-technický plán rekonštrukcie lesov v záujmovej oblasti Dunajských vodných diel. [Záverčná správa.] VÚLH, Zvolen: 154.
- CIFRA, J., 1987. Podmienky zachovania lužných lesných spoločenstiev na Dunaji. Lesn. Čas., 33: 426–440.
- KUBÍČEK, F. et al., 1989. Kritériá lesného hospodárstva na vlahový režim pôdy v inundovanom území. [Záverčná správa.] ÚBE CBEV SAV, Bratislava: 53.
- OSZLÁNYI, J., 1992. Štruktúra dospelého porastu topoľa Robusta v záujmovom území sústavy vodných diel Gabčíkovo-Nagymaros. Lesnictví-Forestry, 38: 369–378.

Došlo 25. 5. 1994

ABOVE-GROUND BIOMASS AND WATER CAPACITY OF DOMINANT GROWTH FORMS IN THE POPLAR ROBUSTA FOREST STAND

J. Oszlányi

Institute of Landscape Ecology Slovak Academy of Sciences, Štefánikova 3, 814 99 Bratislava

The forest within the reach of the Gabčíkovo power-station on the Danube river has been studied very carefully in recent years. The changes of the hydrope-

dological conditions caused by the power-station influence the situation in almost all production-ecological factors. That is why the scientific information from the

years before the power station was built is so valuable. This information can serve as the basic data for their comparison with data obtained in the years after the starting-to-work of the power-station. Some of this information is the presented paper on above-ground biomass and water capacity of dominant growth forms in the poplar Robusta forest.

The research has been performed in the 27 years old monoculture with rich and vigorous shrub storey. Forest stand lies in the land-register Trstená na Ostrove at a height of 116 m a. s. l. Floods occur in the locality every year.

In the category trees (d.b.h. ≥ 8 cm) there were 324 individuals per 1 ha, out of which 304 were poplars Robusta, four *Carpinus betulus* L., four *Padus avium* L., four *Ulmus minor* and eight *Swida sanguinea* (L.) OPIZ. Mean d.b.h. is 38.6 cm and mean height is 33.2 m.

Shrub storey covers 87.62% of the stand area. Per 1 ha, there are 35,310 individuals of *Swida sanguinea* (L.) OPIZ, 8,061 of *Padus avium* L., 350 of *Fraxinus excelsior* L. and 175 of *Viburnum opulus* L.

21 sample trees from all tree classes were destructively analysed. After the division of stems and crowns, the crown biomass was divided into thickness categories, wood, bark and leaves and that of stems into wood and bark. All stem and crown categories were weighed in fresh state. The samples of all categories were dried in the laboratory at a temperature of 75 °C.

Similar work was done with 17 samples of *Swida sanguinea* (L.) OPIZ and 14 samples of *Padus avium* L.

Above-ground biomass of trees has the following weight:

	Fresh state (t/ha)	Dry state (t/ha)
Wood	483.33	233.02
Bark	84.20	36.66
Leaves	9.36	3.37
Total	576.89	273.05

The water capacity of the above-ground biomass of trees is 303.84 t/ha.

Above-ground biomass of the shrub layer is characterised by the following:

	Fresh state (t/ha)	Dry state (t/ha)
Wood	15.81	8.44
Bark	3.55	1.26
Leaves	5.31	1.16
Total	24.67	10.86

The water capacity of the above-ground biomass of shrub layer is 13.81 t/ha.

Above-ground biomass of all tree species (tree and shrub layer) is 601.56 t/ha in fresh state and 283.91 t/ha in dry state. The water capacity is 318.65 t/ha.

floodplain forest ecosystem; above-ground biomass; water capacity

Kontaktná adresa:

Ing. Július Oszlányi, CSc., Ústav krajinnnej ekológie SAV, Štefánikova 3, 814 99 Bratislava, Slovenská republika

Kainulainen, P. - Holopainen, J. K. - Hyttinen, H. aj.: Effect of ozone on the biochemistry and aphid infestation of Scots pine (Vliv ozonu na biochemii a napadení borovice lesní mšicemi)

Phytochemistry, 1994, č. 1, s. 39-42 - lit. 42

Práce je výsledkem výzkumu ekologické laboratoře univerzity Kuopio ve Finsku. Borovice lesní je nejdůležitější ekonomickou dřevinou Finska, ale vliv ozonu, významné složky fotochemického znečištění ovzduší, na tuto dřevinu se zkoumal pouze okrajově. V práci byly jednoleté semenáčky borovice lesní vystaveny působení 0,1 a 0,15 ppm O₃ po dobu čtyř týdnů a 0,3 ppm O₃ po dobu šesti dnů ve třech oddělených pokusech. Semenáčky nevykazovaly viditelná poškození ani růstové rozdíly. Konstatuje se, že ozon neovlivňoval počty nymf produkovaných mšic *Schizolachnus pineti* (F.). Hladiny aminokyselin byly podstatně sníženy po expozici 0,3 ppm O₃. Semenáčky, které byly vystaveny působení ozonu, vykazovaly snížené hladiny škrobu v prýtech a kořenech. Nebyly zjištěny změny v glukóze, fruktóze a sacharóze. Ozon nepůsobil na sekundární sloučeniny jako monoterpeny, pryskyřičné kyseliny apod. Stoupající hladiny ovzdušného O₃ mohou narušit primární metabolismus. Mšice *Schizolachnus pineti* (F.) konzumuje fíkem jehlic převážně na starších jehlicích. Borovice lesní je na ozon obvykle citlivější než smrk. - M. Pagač

VÝSKUM USTÁLENOSTI A ŠKODLIVOSTI BYSTRÍN V JUHOVÝCHODNEJ ČASTI KREMNICKÝCH VRCHOV

M. Jakubis

Technická univerzita, Lesnícka fakulta, T. G. Masaryka 24, 960 53 Zvolen

Výskum ustálenosti a škodlivosti bystrín je v súčasnosti veľmi aktuálnym problémom. Služi ako podklad pre komplexné hodnotenie týchto tokov a pre návrhy opatrení na obmedzenie ich škodlivej činnosti. Práca podáva výsledky výskumu ustálenosti bystrín v juhovýchodnej časti Kremnických vrchov. Ustálenosť je posudzovaná dvoma metódami, ktoré sú navzájom porovnávané. Po porovnaní vypočítaných hodnôt so stavom koryt, zisteným v teréne, sme dospeli k záveru, že oboma spôsobmi je možné empiricky zistiť stupeň ustálenosti koryt bystrín, pričom výsledky výpočtov sú vcelku reálne a akceptovateľné. Zároveň sme zistili vhodné poradie vypočítaných stupňov ustálenosti podľa oboch metód výpočtu. Výpočet indexu škodlivosti S_s sme uskutočnili vzhľadom na Valtýniho (1981), ktorý vychádza z priemerného pozdĺžneho sklonu toku, hydrickej účinnosti a geomorfologickej hodnoty hornín v povodí. V tomto prípade je škodlivosť chápaná ako nebezpečenstvo, hroziace okoliu bystriny v súvislosti s jej rozvodnením, zaplavením a zanesením splaveninami. Zistili sme, že sledované bystriny je možné podľa autorovho triedenia zaradiť medzi málo a stredne škodlivé. Výskum sme uskutočňovali na piatich bystrinách s desiatimi pokusnými úsekmi a profilmi.

bystriny; erózia; ustálenosť; škodlivosť

ÚVOD

Bystrina je prirodzený tok s malým povodím, trvalým prietokom vody, nepravidelným výskytom strmých povodňových vln, ktoré prehľbujú koryto, podmieňajú svahové úpätia, vyvolávajú ich zosúvanie, premiestňujú škodlivé množstvá splavenín, ktoré potom dočasne ukladajú v korytových nánosoch, na zaplavovanom území alebo ich odnášajú do toku vyššieho rádu.

Bystriny sú cennou, dôležitou a neoddeliteľnou zložkou krajiny. Majú nezastupiteľné funkcie, čo predurčuje aj potrebu starostlivosti o tieto toky. Sú často zdrojom pitnej a úžitkovej vody, nenahraditeľným životným prostredím pre rôzne druhy živočíchov a rastlín, vytvárajú biokoridory, môžu byť zdrojom energie, surovín, sú významným estetickým a krajinným prvkom, majú rekreačný, zdravotný, športový význam atď. Na bystriny sú viazané špecifické ekosystémy, ktoré sa v súvislosti s ostatnými vodnými tokmi nevyskytujú.

Bystriny však môžu svojou činnosťou spôsobovať rôznorodé a rozsiahle škody, ktoré je možné orientačne rozdeliť do štyroch základných skupín:

- erózia dna a svahov koryta (torenciálna erózia), s tým súvisiace zosuvy hlavne v najvyššie položených úsekoch bystrín, transport erodovaného materiálu do nižších úsekov toku;
- zanášanie toku splaveninami v jeho dolnej časti, podobne aj príľahlých pozemkov, vytváranie neúrodných nánosov, zanášanie vodných nádrží pri ich nedostatočnej ochrane priečnymi objektami;
- zaplavovanie príľahlých území s následnými škodami na poľnohospodárskej pôde, inžinierskych dielach a rôznych iných skultúrnych plochách;
- narušovanie vývoja súvisiacich rastlinných a živočíšnych zložiek ekosystémov, ich retardácia a potenciálna deštrukcia.

Na obmedzenie uvedených škôd sa začali v minulosti stavať početné úpravy bystrín. Niektoré úpravy boli postavené tak, že odtokové pomery v toku a povodí nezlepšili, ale ešte viac zhoršili. Boli vyprojektované bez zohľadňovania ekologických aspektov. Významným nedostatkom bolo skracovanie tokov a tým zvyšovanie pozdĺžnych sklonov, čo si vyžadovalo opevňovanie koryt, pričom často boli používané nevyhovujúce opevňovacie prvky (napr. veľkoplošné betónové plné prefabrikáty). Došlo k neúčelnému a škodlivému zrýchleniu odtoku z povodí, k zmenšovaniu vodných zásob, prerušeniu styku podzemnej vody s vodou v koryte, k zníženiu či zlikvidovaniu samočistiacej schopnosti bystrín, zhoršeniu kvality otekajúcej vody, k strate estetických, krajinných a iných hodnôt. Boli zlikvidované podmienky pre život rýb a iných živočíchov, ale tiež brehovej vegetácie, ktorá predtým plnila významné mikroklimatické funkcie. Tým boli devastované aj biokoridory, na ktoré sa viazali početné druhy ďalších organizmov. Prípadná náprava uvedeného stavu bude veľmi náročný proces s dlhou resilienciou.

Každý zásah do koryta bystriny vyžaduje dôkladné zdôvodnenie. Pred ním navrhuje Willi (1990) preveriť, či ochranu pred škodlivým pôsobením bystriny nie je možné zabezpečiť lepšou starostlivosťou o prirodzené koryto. Starostlivosťou rozumieme súbor biotechnických opatrení, ktoré by zabezpečili požadovaný prietokový a splaveninový režim neupraveného koryta a vyhovujúci stav vegetačného sprievodu toku. Tieto

opatrenia musia byť navrhnuté na základe pravidelného sledovania stavu toku a jeho hydrotechnického posúdenia. Ďalej je potrebné preveriť, či nie je možné primeranú ochranu pred škodlivým pôsobením bystrín dosiahnuť rôznymi melioračnými opatreniami v povodí. Pokiaľ uvedenými spôsobmi nedokážeme zabezpečiť požadovanú ochranu, musíme pristúpiť k úprave bystriny.

Veľmi dôležité je určenie priority a intenzity konkrétnych zásahov do koryta toku. Závažným kritériom je aj stupeň ustálenosti toku a jeho úsekov a ich škodlivosť. Aj v bystrinách sa vyskytujú súvislé úseky, ktoré si úpravu nevyžadujú, alebo je na nich potrebné uskutočniť len minimálne zásahy v prietokovom profile, prípadne jeho časti. Novák et al. (1986) uvádzajú, že na niektorých malých tokoch pahorkatín a podhorských oblastí je proces utvárania koryta v prietokovom profile, pozdĺžnom sklone i smerom vedení trasy toku ukončený. Dno pokrýva vrstva splavenín, ktorá zostáva aj pri prietoku plným profilom stabilná. Prietokový profil má najčastejšie lichobežníkový alebo elipsový tvar. Na brehoch sa vyvíjajú prirodzené brehové porasty, výrazne zvyšujúce odolnosť brehov a napomáhajúce udržiavať smerový priebeh trasy toku. Úpravy takýchto tokov (úsekov) nie sú potrebné. Naopak je nutné udržať ich existujúci stav, pokiaľ prietoková kapacita koryta zodpovedá požiadavkám ochrany priľahlého územia proti škodám záplavami.

V niektorých tokoch nie je proces vytvárania koryta ukončený. Príčinou prebiehajúcej erózie sú hlavne nevyrovnaný pozdĺžny sklon a nevyhovujúci smerový priebeh koryta. Dochádza v nich k hĺbkovej i priečnej erózii.

V oblúkoch takýchto koryt vzniká na konkávnej strane hlboký zárez so zahĺbenou časťou prietokového profilu, ktorá sa ľahko zosunie do koryta. Na konvexnej strane sa ukladajú väčšie či menšie nánosy splavenín. Takéto koryto možno pokladať za neustálené.

Skatula (1960) definoval ustálené koryto ako jeho ideálny stav s hydraulickou rovnováhou. Tento stav koryta nie je porušovaný pri malých, priemerných, ani veľkých prietokoch. Podľa Valtýniho (1990) je ustálenosť bystrinného koryta daná podmienkou, že pre daný sklon dna I , stupeň drsnosti n a krajinú nevymieňajúcu rýchlosť v_v , existuje prietok Q_u , pri ktorom sa tok ešte ani nečlení na ramená, ani nevymieňa. Na výpočet prietoku Q_u , zodpovedajúceho hodnoty korytotvorného prietoku, bola odvodená rovnica (Altunin, 1956; Macura, 1966; Valtýni, 1990) v tvare:

$$Q_u = \frac{A^2 \cdot n^5 \cdot v_v^7}{f^3} \quad (\text{m}^3 \cdot \text{s}^{-1}) \quad (1)$$

kde: A – Altuninov parameter, ktorý charakterizuje priečny profil koryta; ide o súčiniteľ stability koryta, ktorý uvádzajú tabuľkovo napr. Patočka, Macura (1989),

n – stupeň drsnosti prietokového profilu skúmaného koryta, v_v – krajná nevymieňajúca rýchlosť ($\text{m} \cdot \text{s}^{-1}$), I – pozdĺžny sklon dna (hladiny) toku ($\%$ 0,01).

Okrem toho bola odvodená rovnica na výpočet šírky ustáleného koryta v brehoch:

$$B_u = \frac{A \cdot \sqrt{Q_u}}{f^2} \quad (\text{m}) \quad (2)$$

Vo vzťahu (2) znamená B_u šírku ustáleného koryta v brehoch (m).

Macura (1966) a Valtýni (1990) uvádzajú, že korytotvorný prietok Q_u možno definovať ako prietok (interval), pri ktorom sa za vyšetrované obdobie (napríklad rok) vykoná v pomere k ostatným prietokom najväčšia práca v danom prietokovom profile, pričom korytotvorný prietok by mal v ustálených korytách zodpovedať približne prietoku plným korytom, pričom za korytotvorné prietoky možno pokladať také, ktoré sa opakujú v priemere raz za dva až desať rokov, t. j. Q_2 až Q_{10} .

Na porovnanie korytotvorného prietoku Q_u s prietokom plným prietokovým profilom (kapacita koryta) Q_k môže slúžiť porovnávací súčiniteľ K_Q , ktorý sa dá určiť pomerom:

$$K_Q = Q_u \cdot Q_k^{-1} \quad (3)$$

Ak je výsledná hodnota $K_Q > 1,0$, prietoková kapacita Q_k je menšia ako Q_u ($Q_k < Q_u$). To znamená, že pri prietoku plným korytom by nemalo dochádzať ani k vytváraniu ramien, ani k vymieňaniu koryta. Naopak – malo by dochádzať k usadzovaniu splavenín a to tým viac, čím je hodnota pomeru vypočítaného vzťahom (3) vyššia.

V korytách, kde je prietoková kapacita Q_k väčšia ako prietok Q_u ($Q_k > Q_u$), čiže ak je $K_Q < 1,0$, bude dochádzať k vytváraniu ramien alebo k vymieňaniu koryta.

Analogicky je možné predpokladať, že ak je vypočítaná hodnota šírky ustáleného koryta v brehoch B_u väčšia ako šírka koryta existujúceho (B_k), čiže výsledok pomeru

$$K_B = B_u \cdot B_k^{-1} \quad (4)$$

je vyšší ako 1,0 ($K_B > 1,0$), koryto je možné považovať za ustálené. Ak je výsledok pomeru (4) nižší ako 1,0 ($K_B < 1,0$), koryto sa dá pokladať za neustálené, pričom môže dochádzať alebo k rozdeleniu prietoku do ramien, alebo k vymieňaniu koryta.

Škodlivosťou bystriny rozumieme potenciálne nebezpečenstvo hroziace okoliu bystriny v súvislosti s jej rozvodnením a devastáciou splaveninami. Valtýni (1981) odvodil na posúdenie škodlivosti empirický vzťah, ktorým možno vypočítať index škodlivosti S_b . Tento vzťah je známy v tvare:

$$S_b = \sqrt{\frac{I^2}{C_H \cdot C_M}} \quad (5)$$

kde: S_b – index škodlivosti bystriny,

I – pozdĺžny sklon dna toku bystriny od prameňa po záujmový prietokový profil ($\%$), ktorý vypočítame ako geometrický priemer jednotlivých priemerných sklonov úsekov, pričom váhou je dĺžka úseku s konkrétnym sklonom. Výpočet uskutočnime vzťahom:

$$I = \sqrt{\frac{s_1^2 \cdot l_1 + s_2^2 \cdot l_2 + s_i^2 \cdot l_i}{L_i}} \quad (\%) \quad (6)$$

kde: s_1, s_2, s_3 – pozdĺžny sklon dna jednotlivých úsekov (%),
 l_{11}, l_{12}, l_{13} – dĺžky úsekov s konkrétnymi pozdĺžnymi sklonmi (m),
 L_t – celková dĺžka toku od prameňa po záujmový prieťahový profil (m),
 C_H – koeficient hydrickej účinnosti hornín,
 C_M – koeficient geomorfologickej hodnoty hornín.

Hodnoty C_H a C_M odvodil pre rôzne druhy hornín Valtýni (1981). Pre trefohorné sopečné horniny – neovulkanity (Kremnické vrchy, v ktorých sa výskum uskutočňoval) predstavuje priemerná hodnota $C_H = 15,0$ a $C_M = 200,0$.

Podľa hydrickej účinnosti môžeme horniny rozdeliť na hydricky účinné a hydricky málo účinné, pričom sa odlišujú vyjadrením hodnoty koeficienta hydrickej účinnosti hornín C_H . Ide o relatívne číslo, vyjadrujúce retenciu a retardáciu charakteristiku geologického podložia. Malé hodnoty C_H znamenajú malú a veľké hodnoty C_H veľkú hydrickú účinnosť hornín, čiže aj dobrú vyrovnanosť odtoku z povodia, ktorého geologické podložie je tvorené hydricky účinnými horninami.

Okrem hydrickej účinnosti je potrebné pri horninách uvažovať aj s geomorfologickou hodnotou hornín. Táto podľa Húsenicu (1970) určuje najmä tvrdosť, štruktúru, textúru a odlučnosť hornín a vyjadruje ich odolnosť voči rušivej činnosti geomorfologických činiteľov. Aj geomorfologickú hodnotu hornín možno vyjadriť exaktne odvodeným číslom C_M , ktorého hodnota vyjadruje najmä odolnosť horniny voči obrusu.

OBJEKTY

Výskum ustálenosti a škodlivosti sme uskutočňovali na piatich bystrinách v juhovýchodnej časti Kremnických vrchov. Ide o región neovulkanitov, ktorého prírodné pomery boli popísané napr. v práci Jakubis (1993). Bystriny (Sielnický potok, Kováčovský potok, Bieň, Túrová, Železnobreznický potok) sú pravostrannými prítokmi rieky Hron medzi mestom Sliač a obcou Hronská Dúbrava. Patria do povodia SVP IX – Hron a jeho dvoch čiastkových povodí č. 4-23-02 (Sielnický potok a Kováčovský potok) a č. 4-23-04 (Bieň, Túrová, Železnobreznický potok). Na týchto bystrinách sme založili spolu desať pokusných úsekov (PÚ) s dĺžkami od 40 po 50 m. Na každom PÚ sme v jeho dolnej tretine založili jeden pokusný profil (PP). Na jednom toku sme založili jeden až tri PÚ a PP. PP sa nachádzali v nadmorských výškach od 280 po 512 m. Pri výbere PÚ sme v prvom rade prihliadali na požiadavku, aby jeho charakter čo najviac reprezentoval konkrétny tok po tomto PÚ. Pri vytyčovaní PP sme zas prihliadali na to, aby reprezentoval stav a charakteristiky PÚ. Na každom PÚ sme podrobne zaznamenali prebiehajúce erózo-akumulačné procesy a porovnávali sme ich s celkovým stavom toku nad PÚ. Priemerné pozdĺžne sklony tokov po stanovení PÚ sa pohybovali od 4,45 po 18,44 %, priemerné sklony PÚ sa pohybovali od 0,56 po 4,43 %. Priemerné sklony jednotlivých povodí sa

pohybovali od 15,44 po 28,77 %. Celková plocha všetkých povodí bola 60,15 km². Priemerná lesnatosť povodí predstavovala 86,58 % s rozpätím od 45,90 po 99,6 %. Tvar povodí (pomer šírky a dĺžky) sa pohyboval v rozpätí od 1 : 2 po 1 : 8. Priemerná nadmorská výška, ktorú sme zistili hypsografickou krivkou, mala rozpätie od 482 po 780 m. Priemerná hustota tokov v povodiach najbližšie k ústiú bola 1,276 km⁻¹ a pohybovala sa v rozpätí od 1,124 po 1,518 km⁻¹. Celková dĺžka hlavných tokov bola 37,81 km. Celková dĺžka prítokov je 38,95 km, to znamená celkovú dĺžku tokov vo všetkých povodiach 76,76 km.

Výpočtom súčiniteľa bystrinnosti K_b podľa Škopa (1989) sme zistili, že hodnoty K_b sa pohybovali v rozpätí od 0,111 po 0,313, čo podľa autorovho triedenia znamená bystrinné toky druhej kategórie.

POPIS POKUSNÝCH ÚSEKOV

PÚ 1 – Kováčovský potok v km 3,93 od ústia

Pokusný úsek má dĺžku 40 m a nachádza sa asi 600 m nad vodnou nádržou Kováčová v nadmorskej výške 331 m v poraste č. 353. Podľa vizuálneho posúdenia ide o ustálené koryto bez významnejších náznakov vymieňania dna alebo svahov. Dno je stabilné, tvoria ho splaveniny s rozmerom efektívneho zrna $d_{50} = 0,071$ a $d_{65} = 0,087$. Je vyrovnané, bez prirodzených prahov a výmoľov. Naopak, na dne sú viditeľné súvislé plochy jemnejšieho štrkopiesku (do 0,70 m²), pri brehoch sa vyskytujú aj nánosy fľovitopiesočnatých materiálov v súvislých páscoch. Tie sa v strede toku nevyskytujú, sú vodou odplavené, nakoľko sa tam sústreďujú aj malé prietoky. Vzhľadom na relatívne pomalý tok vody dochádza k viditeľnému zanášaniam koryta. Svahy koryta sú tiež stabilné. Stabilita svahov vyplýva jednak z ich nízkeho prirodzeného sklonu (vpravo 1 : 3,7, vľavo 1 : 2,4), jednak z toho, že sú dobre chránené prirodzeným súvislým porastom jelše lepkavej (*Alnus glutinosa*). Medzi drevinami sa vyskytuje súvislý bylinný kryt, ktorý vo vegetačnom období dosahuje výšku do 0,25 m. Vegetácia na svahoch koryta vznikla prirodzene, má dobré rastové podmienky, čo vyplýva z mier-nych sklonov oboch svahov, ale aj z relatívnej ustálenosti koryta. Vcelku podľa vizuálneho posúdenia možno koryto na PÚ hodnotiť ako ustálené s badateľnými znakmi zanášania.

PÚ 2 – Sielnický potok v km 6,28 od ústia

Má dĺžku 50 m a nachádza sa v Sielnickej doline v poraste č. 286 v nadmorskej výške 404 m nad obcou Sielnica. Dno tvoria prirodzené splaveniny s rozmerom efektívneho zrna $d_{50} = 0,115$ a $d_{65} = 0,132$ m. Na dne sa len pomiestne a vo väčších vzdialenostiach od seba (asi 25 m) vyskytujú štrkové prirodzené prahy do výšky okolo 0,20 m. Dno možno považovať vcelku za stabil-

né, bez výmoľov, ale pri vyšších vodných stavoch sú splaveniny v pohybe. Oba svahy majú mierne sklony (vpravo 1 : 2,1, vľavo 1 : 2,5), sú stabilné, pretože sú chránené prirodzeným brehovým porastom jemnejšej lepkavej (*Alnus glutinosa*), ktorú miestne striedajú hrab obyčajný (*Carpinus betulus*) a lieska obyčajná (*Corylus avellana*). Okrem drevín sa na oboch svahoch nachádza aj súvislý bylinný kryt s výškou do 0,15 m vo vegetačnom období. Menšie brehovú nátrž sa vyskytujú len miestne a to na miestach, kde sú svahy strmšie a dochádza k porušovaniu bylinného krytu pri vyšších vodných stavoch. Počas veľkej väčšiny časti roka sa však vyskytujú nižšie vodné stavy, počas ktorých dochádza k prirodzenému zaceľovaniu sa miestnych brehových nátrží.

PÚ 3 – Sielnický potok v km 8,83 od ústia

Tento úsek má dĺžku 45 m, nachádza sa v poraste č. 275 pod rozdeľovaním lesnej odvozného cesty k lokalitám Brestová a Suchá v nadmorskej výške 512 m. Dno tvoria splaveniny s rozmerom efektívneho zrna $d_{50} = 0,121$ a $d_{65} = 0,137$ m. Dno pôsobí stabilne, nie sú v ňom viditeľné výmole. Len miestne sa vyskytujú nižšie prirodzené štrkové prahy s výškami do 0,20 m vo vzdialenostiach približne 20 m od seba. Na dne sú badateľné aj súvislé menšie plochy štrkopieskových častíc (do 0,40 m²). Oba svahy majú mierne sklony (vpravo 1 : 2, vľavo 1 : 1,8). Dominantnú spevňovaciu funkciu svahov má bylinný kryt, dosahujúci vo vegetačnom období výšku do 0,35 m. Dreviny sa vyskytujú len ojedinele a to vo vzdialenostiach asi 12 až 15 m od seba. Ide o jemnú lepkavú (*Alnus glutinosa*), vzácné sa vyskytuje v brehovom poraste aj javor horský (*Acer pseudoplatanus*) a jaseň šťihľá (*Fraxinus excelsior*). Mierne sklony svahov vytvárajú dobré podmienky pre prirodzené rozrastanie sa existujúcej vegetácie. Brehovú nátrž na úseku nie sú badateľné, len ojedinele vo vonkajších stranách oblúkov dochádza k občasnému poškodzovaniu svahu.

PÚ 4 – Bieľ v km 5,44 od ústia

Úsek sa nachádza v poraste č. 429 a za hranicou obory v Bienskej doline v nadmorskej výške 364 m. Dno na PÚ je stabilné, bez výmoľov a prirodzených prahov. Rozmer $d_{50} = 0,106$, $d_{65} = 0,113$ m. Pre úsek je charakteristický vyrovnaný pozdĺžny sklon dna. Na dne sa vyskytujú aj plochy jemnejších splavenín (štrkopiesok) s rozlohou do 0,75 m². Koryto je dobre vyvinuté, nemeandruje, nie sú badateľné zmeny ani počas vyšších vodných stavov. Svahy sú tvorené prirodzeným materiálom, bez vegetácie. Napriek tomu ich možno považovať za stabilné. Sklon pravého svahu je 1 : 1,7, ľavého 1 : 2. Pri vyšších vodných stavoch je však nie možné vylúčiť prípadné narušenie ich stability. Asi 1,5 m od brehových hrán rastú dreviny, a to jemná lepkavá (*Alnus*

glutinosa), vzácné javor poľný (*Acer campestre*), jaseň šťihľá (*Fraxinus excelsior*) a lieska obyčajná (*Corylus avellana*).

PÚ 5 – Bieľ v km 9,56 od ústia

PÚ je dlhý 40 m. Nachádza sa v Bienskej doline pri lokalite Muchov závoz v poraste č. 411 a v nadmorskej výške 496 m. Podľa vizuálneho posúdenia ide o nestabilné a neustálené koryto. Dno tvoria splaveniny s $d_{50} = 0,122$ m a $d_{65} = 0,138$ m. Je nevyrovnané, strmšie úseky sa striedajú s menej strmými. Na dne sa vyskytujú výmole do hĺbky až 0,40 m, ale aj prirodzené štrkové prahy s výškami do 0,35 m. Na vyrovnannejších úsekoch sú badateľné súvislé plochy jemnejšieho štrkopiesku s rozlohami do 0,40 m², ktoré sú sústredené pri brehoch toku. Na svahoch sa vyskytujú občasné brehovú nátrže a zosúvanie materiálu do koryta. Koryto je v niektorých úsekoch nad PÚ a pod ňím nevyvinuté, pri vyšších vodných stavoch dochádza k vylievaniu vody z koryta. Ide o úseky s nízkymi pozdĺžnymi sklonmi dna toku. Na PP je sklon pravého svahu 1 : 1,2, ľavého svahu 1 : 1,7. Bylinný kryt na svahoch je miestne narušovaný činnosťou vody v koryte. Nedochádza k prirodzenému zaceľovaniu poškodených častí svahov. Svahy sú stabilné v miestach, kde ich ochraňujú dreviny, najmä jemná lepkavá (*Alnus glutinosa*). V bezprostrednom okolí brehových hrán sa vzácné vyskytuje aj javor horský (*Acer pseudoplatanus*).

PÚ 6 – Túrová v km 1,79 od ústia

PÚ je dlhý 46 m, nachádza sa v intraviláne obce Budča v nadmorskej výške 291 m v blízkosti porastu č. 501 b. Dno toku je vcelku vyrovnané, rozmer $d_{50} = 0,094$ a $d_{65} = 0,106$ m. Nie sú viditeľné ani výmole, ani štrkové prahy. Svahy sú účinne chránené bylinným krytom, dosahujúcim vo vegetačnom období výšku až do 0,60 m. Z drevín sa vyskytuje miestne baza čierna (*Sambucus nigra*) a vrba krehká (*Salix fragilis*). Nie sú badateľné brehovú nátrže. Sklony svahov sú na oboch stranách toku rovnaké (1 : 2,2). Bylinný kryt sa prirodzene rozrástá bez známkov poškodzovania aj vplyvom mierneho sklonu svahov koryta.

PÚ 7 – Túrová v km 5,34 od ústia

PÚ je dlhý 42 m, nachádza sa za obcou Túrová v nadmorskej výške 365 m v poraste č. 504. Koryto možno považovať za vyrovnané, bez známkov intenzívneho vymieľania alebo zanášania. Rozmer $d_{50} = 0,112$ a $d_{65} = 0,126$ m. Pozdĺžny sklon dna na PÚ možno hodnotiť ako vyrovnaný. Svahy majú výrazne odlišné sklony (vpravo 1 : 3,2, vľavo 1 : 1), čo sa prejavuje v ich stabilite. Pravá strana je stabilná, bez náznakov brehových nátrží. Významnú ochrannú funkciu plní sú-

vislý bylinný kryt s výškou do 0,20 m. Je hustý, bez poškodení. Okrem neho sa na svahu nachádzajú prirodzene rastúce jelše (*Alnus glutinosa*), pomiestne sa vyskytuje javor poľný (*Acer campestre*), lieska obyčajná (*Corylus avellana*) a vŕba krehká (*Salix fragilis*). Nízky sklon svahu vytvára veľmi dobré podmienky pre rozrastanie sa vegetácie. Ľavý svah je bez drevín. Bylinný kryt sa vyskytuje len sporadicky. Pri vyšších prietokoch dochádza k podmyvaniu svahu a materiál z neho sa dostáva do koryta. Nad brehovou hranou, vo vzdialenosti asi 1,0 m, sa vyskytujú aj dreviny, a to jelše (*Alnus glutinosa*). Treba poznamenať, že pri miernejších sklonoch ľavého svahu (1 : 1,5 až 1 : 2) sa narušenia vplyvom existencie vegetácie nevyskytujú.

PÚ 8 – Železnobreznický potok v km 6,78 od ústia

PÚ 8 má dĺžku 42 m, je umiestnený v nadmorskej výške 482 m v poraste č. 720 a nad obcou Železná Breznica. Tok dosť meandruje, tvar prietokového profilu je neustálený, mení sa aj hĺbka prietokového profilu. Dno je nevyrovnané, vyskytujú sa prirodzené štrkové prahy do výšky 0,30 až 0,35 v počte štyri na PÚ. Je na nich zachytávaný aj organický materiál (zbytky drevín, lístie a pod.). Dno je nevyrovnané, pod prirodzenými prahmi sa vyskytujú výmole hĺbky do 0,35 m. Podľa vizuálneho posúdenia dochádza pri vyšších vodných stavoch k pohybu splavenín. Jemnejšie splaveniny (štrkopiesok) nie sú v súvislých plochách viditeľné. Hrbozrnité splaveniny majú rozmer $d_{50} = 0,141$ a $d_{65} = 0,152$ m. Na svahoch sú pomiestne badateľné brehovú nátrže, a to hlavne tam, kde ich účinne nechráni prirodzená vegetácia. Vyskytuje sa na nich bylinný kryt nižšieho vzrastu (do 0,20 m). Stromovité dreviny sú po oboch stranách toku, ale vo vzdialenostiach asi 8 až 10 m. Sú to jelše (*Alnus glutinosa*), výnimočne aj hrab (*Carpinus betulus*). Právý svah má sklon 1 : 2,6, ľavý 1 : 1,1. Je badateľná rozdielnosť ich stability, ale ani pravý svah nie je bez známkov narušovania aj napriek relatívne nízkemu sklonu. Poškodenia ľavého svahu sú podstatne vyššie. Nad brehovými hranami (asi 1 až 2 m) sa ojedinele vyskytuje aj javor horský (*Acer platanoides*) a jaseň štíhly (*Fraxinus excelsior*).

PÚ 9 – Železnobreznický potok v km 3,64 od ústia

Úsek má dĺžku 45 m, nachádza sa pod osadou Huta v poraste č. 662 v nadmorskej výške 356 m. Dno je tvorené prirodzenými splaveninami s $d_{50} = 0,120$ a $d_{65} = 0,134$. Pomiestne sa na okrajoch dna nachádzajú aj menšie plôšky (do 0,40 m²) jemnejšieho štrkopiesku. Dno je vcelku vyrovnané, prirodzené prahy sa síce vyskytujú, ale len nízke (do 0,20 m) a len v malom počte (jeden na PÚ). Pri vyšších vodných stavoch sú splaveniny v pohybe. Svahy sú v sklonoch 1 : 2 (pravý) a 1 : 1,6 (ľavý). Na pravom svahu rastie vŕba krehká (*Salix fragilis*), a to súvisle, čo vytvára dobrú ochrannú

funkciu. Na ľavom svahu sa dreviny nevyskytujú. Nachádza sa tam len bylinný kryt s výškou do 0,80 až 0,90 m. Pomiestne je však mierne narušovaný, ale pri nižších vodných stavoch sa prirodzene zaceľuje. Pri strmších sklonoch ľavého svahu sú narušenia výraznejšie, podobne aj na vonkajších stranách oblúkov, kde dochádza k výraznému narušovaniu stability a k zosuvom materiálu do koryta.

PÚ 10 – Železnobreznický potok v km 1,05 od ústia

Dĺžka PÚ je 50 m. Nachádza sa v nadmorskej výške 280 m v poraste č. 704 medzi Hronskou Dúbravou a obcou Huta. Koryto je dobre vyvinuté, nemeandruje, nie sú badateľné významnejšie poškodenia. Dno je súvisle vyrovnané, bez vytvorených prirodzených štrkových prahov a výmoľov. Tvoria ho splaveniny s $d_{50} = 0,108$ a $d_{65} = 0,124$. Päť svahu miestami tvoria väčšie prirodzené splaveniny, ktoré ju zároveň ochraňujú pred podomieľaním. Právý svah má sklon 1 : 1,1. Je strmý, ale účinne ho chráni hustý bylinný kryt, vysoký až do 0,75 m. Na pravom svahu sa dreviny nevyskytujú. Ľavý svah má sklon 1 : 1,6, okrem bylinného krytu výšky do 0,40 m sa vyskytujú rôzne druhy drevín, a to jelša lepkavá (*Alnus glutinosa*), hrab obyčajný (*Carpinus betulus*), lieska obyčajná (*Corylus avellana*), javor poľný (*Acer campestre*), baza čierna (*Sambucus nigra*), zemolez čierny (*Lonicera nigra*). Tento svah je tiež bez viditeľných znakov narušovania.

METODIKA

Na každom pokusnom profile sme pomocou profiláčnych lát zamerali priečny rez a vyniesli sme ho na milimetrový papier v mierke 1 : 100. Okrem toho sme pásmom zmerali šírku dna b , výšku prietokového profilu H a šírku koryta v brehoch B . Na vynesení priečných rezoch sme digitálnym planimetrom zistili plochy prietokových profilov S a odmerali dĺžky omeščených obvodov O . Hodnotu hydraulického rádia sme vypočítali vzťahom $R = S \cdot O^{-1}$ (m). Sklony svahov koryta l : m_1 a l : m_2 sme určili z vynesení priečných rezov.

Freudovo číslo sme vypočítali pomocou vzťahu:

$$F = \frac{\alpha \cdot v_s}{g \cdot H^3} \quad (7)$$

kde: α – Coriolisovo číslo (1,1),
 v_s – rýchlosť vody (m.s⁻¹),
 g – gravitačné zrýchlenie (m.s⁻²),
 H – výška prietokového profilu (m) pre lichobežník
 $H = S \cdot (b + 2mH)^{-1}$.

Krajnú nevymieľajúcu rýchlosť sme vypočítali vzťahom odvodeným z Meyer-Peterovej rovnice, ktorý na tento účel doporučujú Patočka, Macura (1989) v tvare:

$$v_p = 5,5 \cdot d_e^{1/3} \cdot R^{1/6} \quad (\text{m.s}^{-1}) \quad (8)$$

kde: d_e – rozmer efektívneho zrna (m), ktorý sme určili ako veľkosť zrna, zodpovedajúcu 65% zastúpeniu odčítanom na krivke zrnitosti,
 R – hydraulický rádius (m).

Citovaní autori uvádzajú platnosť vzťahu s podmienkou, aby $d_e \geq 10$ mm a pomer $b.H^{-1} < 5,0$. Obe podmienky sú v riešenom výskume dodržané. Okrem toho doporučujú zvýšenie hodnoty v_p o 10 % za predpokladu pohybu splavenín (napr. keď sa sledované PÚ nenachádzajú pod prehrádzkou atď.), čo sme taktiež v teoretických výpočtoch uskutočnili.

Na každom PP sme odobrali vzorku splavenín s hmotnosťou minimálne 50 kg. Po zrnitostnom sitovom rozbere sme vynesli krivku zrnitosti pre každý PP. Z krivky zrnitosti sme odčítali hodnotu d_{65} ako d_{65} , t. j. veľkosť zrna, zodpovedajúcu 65% zastúpeniu odčítanom na krivke zrnitosti. S rozmerom d_{65} sme uvažovali z toho dôvodu, že Škopek, Novák (1977) doporučujú na základe výskumov Malíška pre prirodzenú zmes splavenín vyhodnotiť rozmer efektívneho zrna z celkovej vzorky, pričom táto hodnota sa pohybuje v rozpätí d_{55} až d_{75} . Hodnotu d_{65} sme použili následne pri aplikácii Stricklerovho výrazu pre výpočet hodnoty stabilného sklonu v tvare:

$$i_{stab} = \frac{v_p^2}{k_s^2 \cdot R^{1/3}} \quad (9)$$

v ktorom

$$k_s = \frac{21,1}{6 \sqrt{d_{65}}} \quad (10)$$

Skutočné rýchlosti vody pre výšku H na každom PP sme určili zo skutočne meraných rýchlostí pre rôzne výšky vodných hladín. Merania sme uskutočňovali v rokoch 1981 až 1992 pomocou hydrometrovacieho zariadenia SHV 01 (VÚVH Bratislava). Ako vyrovnávajúcu krivku sme použili parabolu druhého stupňa. Poznamenávam, že ide len o informatívne údaje. Pomocou spätného výpočtu z Chezyho rýchlostnej rovnice s Pavlovského rýchlostným súčiniteľom sme na PC vypočítali aj skutočné stupne drsnosti n pre jednotlivé PP. Kapacitný prietok sme vypočítali vzťahom:

$$Q_k = S \cdot v_s \quad (\text{m}^3 \cdot \text{s}^{-1}) \quad (11)$$

kde: S – plocha prietokového profilu (m^2) pre výšku vody H (m),
 v_s – skutočná rýchlosť vody (m.s^{-1}) pre výšku vody H (m).

Pre komplexnejšiu informáciu uvádzame, že hodnoty súčiniteľov kváziravnomerného prúdenia M_{kp} sme vypočítali vzťahom Grišanina (1981), ktorý má tvar:

$$M_{kp} = \frac{R \cdot (g \cdot B)^{0,25}}{Q_s^{0,5}} \quad (12)$$

Autor vzťahu doporučuje jeho platnosť pre relatívnu drsnosť $3 < H \cdot d_{50}^{-1} < 1\,000$. Podmienku sme overili a zistili sme, že hodnoty pomeru $H \cdot d_{50}^{-1}$ sa pohybovali v rozpätí od 6,61 (PP 3) po 11,11 (PP 10). Hodnotu

d_{50} sme opäť zistili z krivky zrnitosti ako veľkosť zrna, zodpovedajúcu 50% zastúpeniu odčítanom na tejto krivke. Vzťah (12) doteraz v našich podmienkach overovali napr. Macura (1987, 1990), Valtýni (1989) a Jakubis (1993). Podľa zistenia autorov sú výsledky získané týmto vzťahom v porovnaní so skutočným stavom koryt reálne a dávajú akceptovateľné výsledky. Podľa Macuru (1990) pri hodnote súčiniteľa kváziravnomerného prúdenia $M_{kp} < 0,48$ dochádza k erózii koryta, pri $M_{kp} > 0,72$ dochádza k zanášaniam koryta. Ak sa hodnota M_{kp} pohybuje v intervale $0,48 < M < 0,72$, ide o relatívne ustálené korytá. Podľa Valtýniho (1989) možno za ustálené korytá považovať tie, kde je $M_{kp} = 0,53$ a viac; pre M_{kp} od 0,46 do 0,52 ide o čiastočne ustálené korytá; pre $M_{kp} = 0,45$ a menej ide o neustálené korytá.

Hydrologické údaje v tab. IV sme získali na účely výskumu bezplatne od Slovenského hydrometeorologického ústavu Bratislava, pobočka Banská Bystrica. Údaje platia pre prirodzený režim odtoku a sú stanovené analógiou za reprezentatívne obdobie 1931 až 1980. Údaje sú v zmysle ČSN 75 1400 – Hydrologické údaje povrchových vôd – zaradené do IV. triedy spoľahlivosti.

V ďalšom postupe sme stanovili hodnoty pomeru:

$$K_i = I_{PJ} \cdot I_{stab}^{-1} \quad (13)$$

kde: I_{PJ} – pozdĺžny sklon PÚ (% 0,01),
 I_{stab} – vypočítaný stabilný sklon (% 0,01)

a hodnoty pomeru:

$$K_{I0} = I_0 \cdot I_{stab}^{-1} \quad (14)$$

kde: I_0 – priemerný pozdĺžny sklon toku od prameňa po PP (% 0,01).

Vypočítali sme tiež informatívne charakteristiky:

$$K_p = Q_{100} \cdot Q_{364d}^{-1} \quad (15)$$

a

$$K_r = Q_k \cdot Q_{100}^{-1} \quad (16)$$

pričom vo vzťahu (16) znamená:

$$Q_k = S \cdot v_s \quad (\text{m}^3 \cdot \text{s}^{-1}) \quad (17)$$

kde: S – plocha prietokového profilu (m^2) pre výšku vody H ,
 v_s – priemerná profilová rýchlosť (m.s^{-1}) pre výšku vody H .

Vzťah (13) vyjadruje informatívnu charakteristiku, ktorou možno orientačne posúdiť stabilitu konkrétneho pokusného úseku formou porovnania pozdĺžneho sklonu PÚ so stabilným sklonom toku.

Vzťahom (14) sa dá orientačne posúdiť stabilita toku. Ide o porovnanie priemerného sklonu toku so stabilným sklonom. Poznamenávam, že opäť ide o informatívnu charakteristiku, vzťahujúcu sa k priemernej hodnote pozdĺžneho sklonu toku.

Výsledky výpočtov vzťahov (13) a (14) obsahuje tab. III.

Vzťahom (15) možno určiť informatívnu hydrologickú charakteristiku, ktorou možno orientačne posúdiť určitú rovnomernosť, resp. vyrovnanosť prietokov v koryte bystriny a jej náchylnosť na vysychanie, ktoré sa

v dôsledku prerušenia kontinuity vodného prostredia prejavuje z ekologického hľadiska veľmi nepriaznivo.

Vzťah (16) vyjadruje informatívny hydrologický údaj umožňujúci posúdiť rámcovo kapacitu prietokového profilu pri jeho plnom plnení vo vzťahu k potenciálnemu prietoku Q_{100} .

VÝSLEDKY A DISKUSIA

Relatívne podrobný a obsáhrny opis PÚ a PP je zámerom. Dôvod je ten, že sme považovali za nevyhnutné čo najpodrobnejšie popísať existujúci stav tokov, lebo bol podkladom pre porovnanie s empiricky zistenými hodnotami stupňa ustálenosti v jednotlivých tokoch, resp. úsekoch.

Merané, vypočítané a získané charakteristiky pre PÚ a PP 1 až 10 obsahujú tab. I až IV.

Z výsledkov považujeme za potrebné uviesť najmä tieto:

– Pri porovnaní skutočného stavu koryt, ktorý sme zistili vizuálnym posúdením, s výsledkami, ktoré sme

získali z empirických vzťahov (1), (2) a (12), sme zistili, že je pomocou nich možné získať reálne a relatívne objektívne údaje o stupni ustálenosti koryt jednotlivých skúmaných tokov.

- Pri porovnaní poradia, ktoré sme vytvorili podľa veľkosti vypočítaných hodnôt súčiniteľa kváziróvnomerneho prúdenia M_{kp} – vzťah (12) – od minimálnych po maximálne (od najmenej ustálenosti po najvyššiu, resp. po zanášanie koryta) s poradím, ktoré sme vytvorili podľa veľkosti hodnôt výsledkov pomeru podľa vzťahu (3) od minimálnych hodnôt (minimálna ustálenosť) po maximálne hodnoty (vyšší stupeň ustálenosti, resp. zanášanie koryta) sme zistili, že poradie sa presne zhoduje. Oboma spôsobmi je teda možné dospieť k podobným uzáverom.
- Hodnoty súčiniteľa kváziróvnomerneho prúdenia M_{kp} sa pohybovali v rozpätí od 0,46 (PÚ 5 a PÚ 8) po 0,67 (PÚ 1).
- Hodnoty výsledkov pomeru $K_Q = Q_u Q_k^{-1}$ sa pohybovali v rozpätí od 0,06 (PÚ 5), resp. 0,09 (PÚ 8) po 10,76 (PÚ 1).

I. Základné geometrické charakteristiky PP č. 1 až č. 10 – Basic geometric characteristics for experimental profiles PP nos. 1 to 10

PP č.	Názov toku a staničenie od ústia ¹ (km)	b	B_k	H	S	O	R	Sklon svahu ²	
		(m)	(m)	(m)	(m ²)	(m)	(m)	vpravo ³	vľavo ⁴
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
1.	Kováčovský potok (3,93)	2,00	6,20	0,60	3,00	6,10	0,492	1 : 3,7	1 : 2,4
2.	Sielnický potok (6,28)	2,20	6,60	1,00	4,50	7,10	0,634	1 : 2,1	1 : 2,5
3.	Sielnický potok (8,83)	3,10	6,80	0,80	4,10	7,00	0,586	1 : 2,0	1 : 1,8
4.	Bieň (5,44)	3,50	6,40	1,00	4,50	6,50	0,692	1 : 1,7	1 : 2,0
5.	Bieň (9,56)	1,90	6,00	1,20	4,90	6,70	0,731	1 : 1,2	1 : 1,7
6.	Túrová (1,79)	2,00	6,20	1,00	4,20	7,10	0,592	1 : 2,2	1 : 2,2
7.	Túrová (5,34)	1,90	6,10	1,00	3,90	6,50	0,600	1 : 1,0	1 : 1,0
8.	Železnobreznický potok (6,78)	1,90	5,40	1,00	3,40	5,80	0,586	1 : 1,1	1 : 1,1
9.	Železnobreznický potok (3,64)	3,40	7,80	1,20	6,80	8,80	0,773	1 : 1,6	1 : 1,6
10.	Železnobreznický potok (1,05)	2,00	5,20	1,20	4,30	6,00	0,717	1 : 1,6	1 : 1,6

¹stream name and distances from the mouth, ²slope gradient, ³right, ⁴left

II. Vybrané charakteristiky pre PÚ a PP č. 1 až č. 10 – Some characteristics for experimental sections PÚ and experimental profiles PP nos. 1 to 10

PÚ, PP č.	A	d_{50} (m)	d_{65} (m)	k_s	v_s (m.s ⁻¹)	v_v (m.s ⁻¹)	n_s	Q_k (m ³ .s ⁻¹)	Q_u (m ³ .s ⁻¹)	K_Q	Poradie ¹ K_Q	B_u	K_B	Poradie ¹ K_B
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
1.	1,05	0,071	0,087	31,70	1,40	2,23	0,031	4,20	45,19	10,76	10	18,96	3,06	10
2.	0,85	0,115	0,132	29,57	2,96	2,73	0,032	13,32	4,60	0,35	4	4,06	0,62	4
3.	0,85	0,121	0,137	29,39	2,51	2,74	0,037	10,29	6,24	0,61	7	4,60	0,68	7
4.	0,95	0,106	0,113	30,35	2,41	2,69	0,040	10,85	19,09	1,76	9	9,38	1,47	9
5.	0,80	0,122	0,138	29,35	4,01	2,85	0,040	19,65	1,25	0,06	1	1,67	0,28	1
6.	0,85	0,094	0,106	30,67	2,54	2,52	0,034	10,67	4,35	0,41	5	4,01	0,65	5
7.	0,85	0,112	0,126	29,80	2,73	2,68	0,033	10,65	4,72	0,44	6	4,12	0,67	6
8.	0,80	0,141	0,152	28,88	3,52	2,88	0,039	11,97	1,09	0,09	2	1,63	0,30	2
9.	0,85	0,120	0,134	29,50	3,32	2,86	0,041	22,58	6,17	0,27	3	4,33	0,55	3
10.	0,90	0,108	0,124	29,88	2,85	2,73	0,035	12,26	10,60	0,86	8	6,65	1,28	8

¹rank

- Zhodné poradie stupňa ustálenosti sme určili aj pomocou výpočtu pomeru $K_B = B_{ur} B_k^{-1}$. Tieto hodnoty sa pohybovali v rozpätí od 0,28 (PÚ 5) po 3,06 (PÚ 1).
- Najnižší stupeň ustálenosti sme v teréne zistili pri PÚ 5 a PÚ 8. Ide zjavne o neustálené koryto s výmolemi v dne, vytvorenými prirodzenými štrkovými prahmi, brehovými nátržami a teda s významnými znakmi torenciálnej erózie.
- Najvyšší stupeň ustálenosti so znakmi zanášania koryta a výskytom nánosov jemných materiálov sme v teréne zistili pri PÚ 1. Dno i svahy sú stabilné, nevyskytujú sa výmole v dne, štrkové prahy ani brehovú nátrž.
- Aplikáciu vzťahu (12) sme podrobne analyzovali v samostatnej práci (Jakubis, 1993), kde bolo vyjadrené stanovisko k doteraz používaným stupniciam ustálenosti, ktoré boli vytvorené podľa hodnôt súčiniteľa kvázivírovnomerného prúdenia M_{kp} . Ak by sme mali vytvoriť stupnicu ustálenosti na základe výsledkov pomeru korytotvorného prietoku Q_u a skutočného (kapacitného) prietoku Q_{sk} pomocou porovnania vypočítaných výsledkov so skutočným

stavom koryta, mohli by sme uviesť, že za relatívne ustálené korytá by sme mohli považovať také, u ktorých sa hodnota výsledku pomeru $K_Q = Q_u \cdot Q_k^{-1}$ pohybuje v rozpätí od $K_Q = 0,30$ do $K_Q = 1,80$. Hodnoty K_Q menšie ako 0,30 vyjadrujú neustálené korytá s významnejšími prejavmi torenciálnej erózie. Hodnoty K_Q vyššie ako 1,80 vyjadrujú koryto ustálené s náznakmi zanášania. Čím viac sa výsledná hodnota K_Q líši od hodnoty 1,0, sú prejavy vymieňania, resp. zanášania intenzívnejšie.

- Pri výpočte hodnoty K_B - vzťah (4) - sme zistili, že najmenšia zistená hodnota K_B je 0,28 (PÚ 5), resp. 0,30 (PÚ 8). Najvyššiu hodnotu K_B sme vypočítali pre PÚ 1 - 3,06. Na základe vypočítaných hodnôt K_B možno uviesť, že za relatívne ustálené korytá možno považovať také, kde je K_B vyššie ako 0,60 a nižšie ako 1,40. $K_B < 0,60$ vyjadruje neustálené korytá, $K_B > 1,40$ korytá, ktoré sú zanášané. Poznamenávam, že stupnice podľa výsledkov hodnôt K_Q a K_B je potrebné považovať len za orientačné a vzťahujúce sa len na toky, ktoré sme sledovali v našom výskume.
- Výpočtom hodnoty K_{IQ} pomocou vzťahu (14) sme zistili najvyššiu hodnotu pre tok, ktorý sa viaže

III. Dôležitejšie morfometrické, hydraulické a hydrologické charakteristiky PÚ č. 1 až č. 10 - More important morphometric, hydraulic and hydrologic characteristics of experimental sections PÚ nos. 1 to 10

PÚ č.	$I_{0,01}$ ‰	I_{stab} ‰	$I_{PÚ}$ ‰	$K_{IQ} = \frac{I_{PÚ}}{I_{0,01}}$	$K_I = \frac{I_{PÚ}}{I_{stab}}$	C_H	C_M	S_b	M_{kp}	Poradie M_{kp}	F_r
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
1.	0,0745	0,0127	0,0056	5,87	0,44	15,0	200,0	1,36	0,67	10	0,415
2.	0,1580	0,0156	0,0182	10,13	1,17			2,88	0,49	4	1,485
3.	0,1844	0,0177	0,0210	10,42	1,19			3,36	0,52	7	1,058
4.	0,0870	0,0128	0,0170	6,80	1,33			1,59	0,59	9	1,051
5.	0,1079	0,0143	0,0430	7,55	3,00			1,97	0,46	1-2	2,747
6.	0,0445	0,0136	0,0169	3,27	1,24			0,81	0,51	5-6	1,132
7.	0,0603	0,0160	0,0181	3,77	1,13			1,10	0,51	5-6	1,376
8.	0,0704	0,0203	0,0443	3,47	2,18			1,29	0,46	1-2	1,577
9.	0,0585	0,0133	0,0277	4,40	2,08			1,07	0,48	3	1,495
10.	0,0514	0,0130	0,0166	3,95	1,28			0,94	0,55	8	1,111

IV. Základné hydrologické údaje pre PÚ a PP č. 1 až č. 10 - Basic hydrologic data on experimental sections PÚ and experimental profiles PP nos. 1 to 10

PÚ, PP č.	Q_a	Q_{30d}	Q_{90d}	Q_{330d}	Q_{364d}	q_{max}	Q_1	Q_2	Q_{10}	Q_{100}	$K_p = \frac{Q_{100}}{Q_{364d}}$	$K_r = \frac{Q_k}{Q_{100}}$
						($m^3 \cdot s^{-1} \cdot km^{-2}$)						
	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
1.	50	143	55	7	3	2,41	1	2	4	11,5	1 : 3 833	0,37
2.	120	344	133	17	6	1,79	2	2,5	6	17	1 : 2 833	0,78
3.	95	272	105	13	5	2,01	1,5	2	5	14	1 : 2 800	0,73
4.	75	215	83	11	4	2,06	1,5	2,5	5,5	16	1 : 4 000	0,68
5.	40	115	44	5	2	2,90	1	2	4	11	1 : 5 500	1,79
6.	170	487	188	24	8	1,88	3	5	11	32	1 : 4 000	0,33
7.	85	244	94	12	3	2,86	2	3	8	22	1 : 7 333	0,48
8.	80	229	88	13	6	3,23	1,5	2,5	5,5	16	1 : 2 666	0,75
9.	185	530	204	31	14	1,77	3	4	9,5	27	1 : 1 929	0,84
10.	210	602	232	35	16	1,51	3	5	10	32	1 : 2 000	0,38

v PÚ 3, kde $K_{100} = 10,42$. Najnižšiu hodnotu sme zistili pre tok, ktorý sa vlieka k PÚ 6, kde $K_{100} = 3,27$. Pre všetky sledované toky, resp. úseky boli hodnoty K_{100} vyššie ako 1,0. Znamená to, že vypočítané stabilné pozdĺžne sklony I_{stab} sú nižšie ako priemerné pozdĺžne sklony I_0 . Výsledky výpočtov pomerov K_{100} a K_i obsahuje tab. III.

Hodnotením výsledkov pomeru (15) sme zistili, že v skúmaných tokoch existujú veľké rozdiely aj v rozkolsanosti prietokov. Najnižšie hodnoty K_p sme zistili pre toky, ktoré sa vlieka k PÚ 7, kde $K_p = 1 : 7\,333$ a k PÚ 5, kde $K_p = 1 : 5\,500$. V oboch prípadoch ide o horné úseky tokov. V terénnom prieskume sme zistili najmä počas letného obdobia v oboch tokoch minimálne prietoky a znaky vysychania, čo znemožňuje existenciu ichtyofauny.

Podstatne vyrovnannejšie prietoky sme zistili pre tok, vliečuci sa k PÚ 2 ($K_p = 1 : 2\,833$) a k PÚ 3 ($K_p = 1 : 2\,800$) – Sielnický potok. Podobné výsledky sme zistili aj pre Železnobreznický potok, na ktorom sa tieto hodnoty pohybujú od $K_p = 1 : 1\,929$ (PÚ 9) po $K_p = 1 : 2\,666$ (PÚ 8). Znamená to, že Sielnický a Železnobreznický potok nie sú náchylné na vysychanie tak, ako Bieľ a Túrovský potok. Pre PÚ 1 – Kováčovský potok je hodnota $K_p = 1 : 3\,833$.

Hodnotením výsledkov pomeru (16) sme zistili, že na prevedenie prietoku Q_{100} má vyhovujúcu kapacitu len PP 5 (na PÚ 5) – Bieľ, kde hodnota $K_r = 1,79$. Na ostatných PP kapacita prietokového profilu Q_k na prevedenie Q_{100} nepostačuje, pretože hodnota pomeru $K_r < 1,0$. Podrobné výsledky výpočtov oboch pomerov sa nachádzajú v tab. IV.

Pri hodnotení indexu škodlivosti poznamenávam, že aj keď sú hodnoty S_b vypočítané z teoreticky správne odvodených veličín, môžu vyjadrovať len orientačné údaje o škodlivosti, vzťahujúce sa k určitým priemerným hodnotám vstupných charakteristík. Ako uvádza Valtýni (1981), v prírodných podmienkach Slovenska prevládajú priemerné hodnoty S_b od 0,3 do 24,0, pričom hodnoty S_b vyššie ako 3,0 charakterizujú nebezpečne škodlivé až veľmi škodlivé bystriny.

Pokiaľ sa skúmané bystriny vyskytujú na rovnakom geologickom podloží s rovnakými horninami (tak, ako v našom výskume), sú hodnoty hydrickej účinnosti hornín C_H i geomorfologické hodnoty hornín C_M totožné. Rozdiely v hodnotách S_b sú dané len rozdielnymi priemernými pozdĺžnymi sklonmi. Ak porovnávame hodnoty S_b takých bystrín, ktoré sa nachádzajú na rôznych geologických podložiach s rôznymi hodnotami C_H a C_M , vyjadrujú S_b vhodnú hydrologickú charakteristiku na porovnanie potenciálnej škodlivosti bystrín napr. v rôznych orografických celkoch. Škodlivosť v tomto prípade chápeme ako potenciálne nebezpečenstvo, hroziace okoliu bystriny v súvislosti s jej rozvodnením, zaplavením priľahlých pozemkov a ich zanesením splaveninami. Vypočítané hodnoty S_b obsahuje tab. III. Pohybovali sa od $S_b = 0,81$ (tok, vliečuci sa

k PÚ 6 – Túrovský potok) po $S_b = 3,36$ (tok, vliečuci sa k PÚ 3 – Sielnický potok). Je logické, že poradie, vytvorené podľa hodnôt S_b , je zhodné s poradím podľa priemerných pozdĺžnych sklonov jednotlivých tokov. Valtýni (1981) vytvoril stupnicu škodlivosti tokov. Ak je $S_b \leq 2,0$, ide o málo škodlivé toky, ak je hodnota S_b od 2,0 po 4,0, ide o stredne škodlivé toky, ak je S_b od 4,0 po 14,0, ide o veľmi škodlivé toky a ak je $S_b > 14,0$, ide o extrémne škodlivé toky. Podľa uvedeného triedenia a výsledkov v tab. III ide v našom prípade o málo škodlivé a stredne škodlivé toky.

ZÁVER

Každý zásah do koryta bystriny je vážnym zásahom do životného prostredia. Preto mu musí predchádzať komplexný prieskum toku vrátane posúdenia jeho ustálenosti a škodlivosti. V prípade vyššieho stupňa ustálenosti a malej škodlivosti nie je potrebné vykonávať zásahy do koryta bystriny. V prípade nízkeho stupňa ustálenosti a vysokej škodlivosti je potrebné o takýchto zásahoch uvažovať. Určovanie stupňa ustálenosti a škodlivosti bystrín má význam aj pre posudzovanie poradia naliehavosti prípadných úprav.

Výskumom sme zistili, že ako podľa výpočtov súčiniteľov kvázirovnomerného prúdenia M_{kp} , tak aj podľa výpočtov korytotvorných prietokov Q_u sme dosiahli výsledky, ktoré reálne vystihovali skutočný stav koryt sledovaných tokov.

Obe uvedené metódy je však nutné overovať aj naďalej, a to v rôznych geomorfologických a prírodných podmienkach s väčším počtom vodných tokov. Na základe tohto výskumu bude postupne možné vytvoriť objektívne kritériá pre zovšeobecňovanie získaných výsledkov a ich aplikáciu v lesníckej praxi pri hodnotení stavu bystrín v rôznych oblastiach.

Literatúra

- ALTUNIN, S. T., 1956. Regulirovanje rusel. Moskva, Selchozizdat.
- GRÍŠANIN, K. V., 1981. Dinamika ruslových potokov. Leningrad, Gidrometeoizdat.
- HÚSENICA, J., 1970. Fyzický zemepis v tvorbe i ochrane krajiny I. Zvolen, VŠLD.
- JAKUBIS, M., 1993. Posudzovanie ustálenosti bystrín v oblasti ŠLP Technickej univerzity vo Zvolene. Lesníctví-Forestry, 39: 202–207.
- MACURA, L., 1966. Úpravy tokov. Bratislava, SVTL.
- MACURA, V., 1987. Príspevok k určeniu a využitiu parametrov stabilného režimu koryt tokov. Vod. Hospod., Řada A: 152–154.
- MACURA, V., 1990. Určenie hydraulických a geometrických parametrov stabilných úsekov koryt tokov. In: Zbor. ref. Obnova vegetačného doprovodu vodných toků a revitalizace povodí. Ostrava, SVK: 39–43.

NOVÁK, L. – IBLOVÁ, M. – ŠKOPEK, V., 1986. Vegetace v úpravách vodních toků a nádrží. Praha, SNTL: 244.
 PATOČKA, C. – MACURA, L., 1989. Úpravy toků. Praha, SNTL: 400.
 SKATULA, L., 1960. Hrazení bystřin a strží. Praha, SZN.
 ŠKOPEK, V., 1989. Jak rozlišit, zda je nebo není tok bystřinou. Zbor. prisp. Přírodní prostředí a vodní toky '89. Povodí Ohře, Chmutov: 1–9.
 ŠKOPEK, V. – NOVÁK, L., 1977. Hrazení bystřin a strží. Komentář k ON 48 2506. Praha, VÚPM.

VALTÝNI, J., 1981. Príspevok k triedeniu bystřín a bystřinných úprav na území Slovenska. Lesn. Čas., 27: 35–47.
 VALTÝNI, J., 1989. Príspevok k poznaniu podmienok stability bystřinných ekosystémov. Lesn. Čas., 35: 421–434.
 VALTÝNI, J. – KRÍŽOVÁ, E. – MESSINGEROVÁ, V., 1990. Vplyv brehových porastov na stabilitu bystřinného ekosystému. Ved. Práce VÚLH, Zvolen.
 WILLI, H. P., 1990. Ekologické vodní stavby ve Švýcarsku. Příl. k zbor. ref. Obnova vegetačního doprovodu vodních toků a revitalizace povodí. Ostrava, SVK.

Došlo 13. 5. 1994

RESEARCH INTO TORRENT STABILIZATION AND HARMFULNESS IN THE SOUTH-EAST PART OF THE KREMICKÉ VRCHY HILLS

M. Jakubis

Technical University, Faculty of Forestry, T. G. Masaryka 24, 960 53 Zvolen

Research into torrent stabilization and harmfulness is currently a very urgent problem. The paper contains the results of evaluation of torrent stabilization by two methods, while comparing these methods. The first method evaluates the degree of stabilization on the basis of calculation of the quasi-steady flow coefficient M_{kp} (Grišanin, 1981; Macura, 1987, 1990; Valtýni, 1989). The other method uses the calculation of the streambed-forming discharge Q_u and of the derived quotient $K_Q = Q_u \cdot Q_k^{-1}$ (Altunin, 1956; Macura, 1966; Valtýni, 1990).

The degrees of torrent bed stabilization and/or of specific sections calculated by the above-mentioned methods were compared with the actual situation of the streambeds which was determined in five streams with ten experimental sections with experimental profiles in field conditions.

The paper is a follow-up of the author's previously published papers, in which torrent activity and different methods of calculation of the quasi-steady flow coefficient M_{kp} were evaluated.

The values of the quasi-steady flow coefficient M_{kp} ranged from 0.46 (experimental sections nos. 5 and 8) to 0.67 (experimental section no. 1). The values of the quotient $K_Q = Q_u \cdot Q_k^{-1}$ ranged from 0.06 (experimental section no. 5) and/or 0.09 (experimental section no. 8) to 10.76 (experimental section no. 1). The variance of the values M_{kp} and K_Q showed the degree of bed stabilization of the torrents in question or of their sections.

After comparison of the calculated values with the bed condition determined in field conditions a conclusion has been drawn that both methods can be used to

determine the degree of torrent bed stabilization and at the same time the results of the calculations are in fact realistic and acceptable. The identical order of the calculated degrees of stabilization was also revealed by the two methods of calculation.

Harmfulness index was calculated from the equation compiled by Valtýni (1981). This relation is based on an average longitudinal slope of the stream from its source to the experimental section (profile), hydric efficiency of rocks and geomorphologic value of rocks in the watershed. In this case harmfulness is understood as a potential threat to the torrent environs in the context with its flooding, inundation of the adjacent territory and sediment transportation into this territory.

The values of harmfulness index S_b ranged from $S_b = 0.81$ (experimental section no. 6) to $S_b = 3.36$ (experimental section no. 3). According to the scale compiled by the equation author these values correspond to little harmful torrents (S_b less than 2.0) and medium harmful torrents (S_b from 2.1 to 4.0).

Research into torrent stabilization and harmfulness is a necessary basis for proposals of specific measures to be taken in these torrents while being important also for comprehensive evaluation of the streams concerned. Therefore, in our opinion, such research should go on, namely also in other geomorphological conditions and in a larger number of streams. The results of broader research will gradually facilitate to generalize the data acquired to a greater extent and to apply them to different areas with torrents as well as with other streams.

torrents; erosion; stabilization; harmfulness

Kontaktná adresa:

Ing. Matúš Jakubis, CSc., Technická univerzita, Lesnícka fakulta, T. G. Masaryka 24, 960 53 Zvolen, Slovenská republika

Pokyny pro autory

Obecné pokyny

Časopis Lesnictví-Forestry uveřejňuje původní vědecké práce ze všech oborů lesnictví, které mají vztah k lesním ekosystémům rostoucím ve střední Evropě. Autor práce je odpovědný za původnost příspěvku; práce nesmí být publikována nebo zaslána k publikování do jiného časopisu. Rozsah zaslání příspěvku nemá přesáhnout 25 stran (A4 formátu, psaných oběma stranami) včetně tabulek, obrázků, literatury, abstraktu a souhrnu. K publikování jsou přijímány práce psané v češtině, slovenštině nebo angličtině. Zaslání rukopisů musí obsahovat anglický souhrn o rozsahu 2–3 strany. Autor odpovídá za správnost anglického textu. Rukopisy mají být napsány na papíře formátu A4 (60 úhloží na řádku, 30 řádků na stránce). Uspořádání článku musí odpovídat formě, ve které jsou články v časopisu Lesnictví-Forestry publikovány. Je třeba zaslat dvě kopie rukopisu na adresu vedoucí redakce: Mgr. Radka Chlebečková, Ústav zemědělských a potravinářských informací, 120 56 Praha 2, Slezská 7. O uveřejnění práce rozhoduje redakční rada časopisu se zřetelem k lektorským posudkům, vědeckému přínosu a celkové kvalitě práce a s přihlédnutím k významu článku pro lesní hospodářství.

Úprava textu

Rukopis má obsahovat titulní stranu, na které je uveden název článku, jméno autora (autorů), název a adresa instituce, kde práce byla vypracována, a číslo telefonu a faxu autora.

Každý článek by měl obsahovat abstrakt, který nemá mít více než 120 slov, a klíčová slova. Úvod by měl být stručný, s uvedením zaměření a cíle práce ve vztahu k dosud provedeným pracím. Neměl by v něm být uváděn rozsáhlý přehled literatury. V kapitole Materiál a metody by měl být uveden popis použitých experimentálních metod tak, aby byl postačující pro zopakování pokusů. Měly by být uvedeny obecné i vědecké názvy rostlin. Je-li zapotřebí používat zkratky, je nutné při prvním použití zkratky uvést i její plný název. Je nezbytné nutné používat jednotky odpovídající soustavě měrových jednotek SI. V části Výsledky by měla být přesně a srozumitelně prezentována získaná data a údaje. V kapitole Diskuse se obvykle získané výsledky konfrontují s výsledky dříve publikovanými. Je přípustné spojit část Výsledky a Diskuse v jednu kapitolu. Citování literatury v textu se provádí uvedením jména autora a roku vydání publikace. Při větším počtu autorů se uvádí v textu pouze první z nich a za jeho jméno se doplní zkratka „et al.“.

V části Literatura se uvádějí pouze publikace citované v textu. Citace se řadí abecedně podle jména prvního autora : příjmení, zkratka jména, rok vydání, plný název práce, úřední zkratka časopisu, ročník, první a poslední strana. U knihy je uvedeno i místo vydání a vydavatel.

Tabulky

Tabulky jsou číslovány průběžně a u každé je uveden i nadpis. Každá tabulka je napsána na jednom listu.

Obrázky

Jsou přiloženy jen obrázky nezbytné pro dokumentaci výsledků a umožňující pochopení textu. Současné uvádění stejných výsledků v tabulkách a na grafech není přijatelné. Všechny obrázky musí být vysoce kvalitní, vhodné pro reprodukci. Nekvalitní obrázky nebudou překreslovány, budou autorovi vráceny. Fotografie musí být dostatečně kontrastní. Všechny obrázky je třeba číslovat průběžně arabskými číslicemi. Jak grafy, tak i fotografie jsou označovány jako obrázky. Jestliže má být několik fotografií publikováno jako jeden obrázek, je třeba je vhodně uspořádat a nalepit na bílou podložku. U každého obrázku je nutné uvést jeho stručný výstižný popis.

S e p a r á t y . Z každého článku obdrží autor 40 separátů zdarma.

Instructions to Authors

General

The journal publishes original results of fundamental and applied research from all fields of forestry related to forest ecosystems of Central Europe. An article submitted to Lesnictví-Forestry must contain original work and must not be under consideration for publishing elsewhere. Manuscripts should not exceed 25 double-spaced typed pages (A4 size) including tables, figures, references, abstract and summary. Papers should be clear, concise and written in Czech, Slovak or English. Each manuscript must contain two or three pages of English summary. Correct English is the responsibility of the author. Manuscripts should be typed on standard paper (A4 size, 60 characters per line, 30 lines per page). They must fully conform to the organization and style of the journal. Two copies of the manuscript should be sent to the executive editor: Mgr. Radka Chlebečková, Institute of Agricultural and Food Information, 120 56 Praha 2, Slezská 7, Czech Republic.

Text

Manuscript should be preceded by a title page comprising the title, the complete name(s) of the author(s), the name and address of the institution where the work was done, and the telephone and fax numbers of the corresponding author. Each paper must begin with an Abstract of no more than 120 words, and key words. The Introduction should be concise and define the scope of the work in relation to other work done in the same field. As a rule, it should not give an exhaustive review of literature. In the chapter Materials and Methods, the description of experimental procedures should be sufficient to allow replication of trials. Plants must be identified by taxonomic and common name. Abbreviations should be used if necessary. Full description of abbreviation should follow the first use of an abbreviation. The International System of Units (SI) and their abbreviations should be used. Results should be presented with clarity and precision. Discussion should interpret the results. It is possible to combine Results and Discussion in one section. Literature citation in the text should be by author(s), and year. If there are more than two authors, only the first one should be named in the text, followed by the phrase „et al.“. References should include only publications quoted in the text. They should be listed in alphabetical order under the first author's name, citing all authors.

Tables

Tables should be numbered consecutively and have an explanatory title. Each table, with title, should be on a separate sheet of paper.

Figures

Figures should be referred solely to the material essential for documentation and for the understanding of the text. Duplicated documentation of data in figures and tables is not acceptable. All illustrative material must be of publishing quality. Figures cannot be redrawn by the publisher. Photographs should exhibit high contrast. All figures should be numbered consecutively with arabic figures. Both line drawings and photographs are referred to as figures. If several separate line drawings or photographs are to be incorporated in a single figure, they should be stuck on a white card with a minimum of space left between them. Each figure should contain a concise, descriptive legend.

O f f p r i n t s . Forty (40) offprints of each paper are supplied free of charge to the author.

UPOZORNĚNÍ PRO ODBĚRATELE

Veškeré služby spojené s distribucí časopisu Lesnictví-Forestry vyřizuje vydavatel – Ústav zemědělských a potravinářských informací Praha.

Objednávky na předplatné posílejte na adresu:

Ústav zemědělských a potravinářských informací
referát odbytu
Slezská 7
120 56 Praha 2

LESNICTVÍ – FORESTRY 1995, No. 3, uveřejní tyto příspěvky:

Truhlář J.: Results of conversions to the selection forest in the Masarykův les Training Forest Enterprise – Výsledky převodů na les výběrný na Školním lesním podniku Masarykův les ve Křtinách

Bíba M.: Režim podzemní vody v lesích jihočeských pánví – Groundwater regime in the forests of South-Bohemian basin areas

Urban J.: Škodlivost štětconoše ořechového [*Calliteara (Dasychira) pudibunda* L.] v bučinách Bílých Karpat – Harmfulness of the red tail moth [*Calliteara (Dasychira) pudibunda* L.] in beech stands of the White Carpathians

Tokár F., Konôpková J.: Fytotechnika a dynamické zmeny obsahu vybraných chemických prvkov v nadzemnej dendromase rovnorodých porastov gaštanu jedlého (*Castanea sativa* Mill.) – Silvicultural practices and dynamic changes in the content of some chemical elements in aboveground dendromass of pure stands of the Spanish chestnut (*Castanea sativa* Mill.)

Zelinka L.: Vplyv lesnej cesty na okolitý porast – The impact of forest road on the neighboring stand

Míchal I.: Co plyne z poznání přírodních lesů pro pěstění našich smrčín? – What follows from the knowledge of natural forests for the cultivation of spruce stands in this country?

Vědecký časopis LESNICTVÍ - FORESTRY ● Vydává Česká akademie zemědělských věd – Ústav zemědělských a potravinářských informací ● Vychází měsíčně ● Redaktorka: Mgr. Radka Chlebečková ● Redakce: Slezská 7, 120 56 Praha 2, tel.: 02/25 75 41, fax: 02/25 70 90 ● Sazba: Studio DOMINO – ing. Jakub Černý, Pražská 108, 266 01 Beroun, tel.: 0311/240 15 ● Tisk: ÚZPI Praha ● © Ústav zemědělských a potravinářských informací, Praha 1995

Rozšiřuje Ústav zemědělských a potravinářských informací, referát odbytu, Slezská 7, 120 56 Praha 2