

7/10

VĚDECKÝ ČASOPIS



LESNICTVÍ

9

ČASOPIS 22 (XLIX)
MĚSÍČNÍK
SRPEN 1976
CENA 12 Kčs

ČESKOSLOVENSKÁ AKADEMIE ZEMEDĚLSKÁ
ÚSTAV VĚDECKOTECHNICKÝCH INFORMACÍ
PRO ZEMEDĚLSTVÍ

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

Vedoucí redaktorka Ing. Milena Staňková

© Ústav vědeckotechnických informací pro zemědělství,
Praha 1976

CS ISSN 0024-1105

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

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

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

LESNICTVÍ veröffentlicht wissenschaftliche Abhandlungen über die gelösten Forschungsaufgaben auf dem Gebiete der Forstwirtschaftswissenschaft, Studien und Analysen. Herausgegeben vom Institut für wissenschaftlich-technische Information der Landwirtschaft. Erscheint monatlich. Redaktion: 120 56 Praha 2, Slezská 7.

LESNICTVÍ publie les traités scientifiques concernant les tâches de recherches résous dans le domaine de science silvicole, études et analyses. Publié par l'Institut des informations scientifiques et techniques pour l'agriculture. Paraît une fois par mois. Rédaction: 120 56 Praha 2, Slezská 7.

Druhá část tzv. pěstební problematiky řešená v rámci výzkumného úkolu Ergonomie v lesním hospodářství se zabývá strojovým školkováním a sběrem šišek z vysokých stromů s výstupem do korun pomocí stupačkové soupravy. Hlavním kritériem hodnocení nebyla dosahovaná výkonnost ani posouzení jednotlivých komplexních technologií (to přísluší jiným organizacím), ale namáhavost práce a určení působících nepříznivých vlivů hluku a chvění.

Školkovací stroj Manhardt (dovoz z NDR) je sedmičlánekový, tažený nosičem nářadí RS-09.

Školkovací stroj Picador (dovoz z Francie) je jednočlánekový, tažený traktorem nebo nosičem nářadí se speciální lištou pro stroj. Pro školkování je nutná příprava semenáčků před vlastním školkováním, tzv. páskování, tj. ve stanovené rozteči jsou mezi dva pásy z umělé hmoty ukládány semenáčky a srolovány do balíku. Při vlastním školkování jsou plné pásy vedeny těsně nad zemí a do radlicí vytvořené rýhy jsou semenáčky vypouštěny za současného zahrnování zeminou a navíjení prázdných pásků.

Školkovací stroj Hari (dovoz z NSR) je dvoučlánekový, vybavený vlastním motorem, jednou stranou se pohybuje po deskách s vodicí kolejkou.

METODIKA

Při hodnocení fyziologické části bylo použito pro stanovení výdeje energie tzv. parciální metody nepřímé kalorimetrie a pro hodnocení zatížení kardiovaskulárního systému sledování tepové frekvence při práci.

Nepřímá kalorimetrie je technika měření, při níž je expirovaný vzduch analyzován na interferometru. Množství vydechnutého vzduchu je měřeno kontinuálně pomocí respirometru RS-1 (čs. patent), což je průtokové měřidlo plyných látek, umožňující měření plicní ventilace (dechového objemu) u osob pohybujících se volně v prostoru. Pro odběr vzorku expirovaného vzduchu je za vydechovacím ventilem respirometru odbočka, na jejímž konci je dvoucestný ventil umožňující naplnění vaku a po přepnutí ventilu naplnění vaku druhého (balon o obsahu cca 5 l). Ve spojení se soupravou Teltest, výrobek Chirana Brno, byl prováděn bezdrátový přenos plicní ventilace z respirometru jedním kanálem vysílače. Dru-

hým kanálem byla přenášena srdeční frekvence (dále jen SF), snímaná elektrodami pro neklidové podmínky. V synchronním grafickém záznamu na příjmu bylo možno odečíst dechový objem, dechovou a srdeční frekvenci.

Vyšetřované osoby byly dokonale seznámeny se všemi pomůckami a měřicí technikou, s účelem měření a způsobem měření. Tím jsme odstranili určitou nedůvěru k těmto pomůckám i příčiny neuropsychického zatížení z neznalosti hlavně na začátku vlastního měření. Uvolněnost a normální pracovní tempo jsou předpokladem získání objektivních hodnot.

Při stanovení hluku bylo postupováno podle ČSN 01 1603 Metody měření hluku a vyhodnocení bylo provedeno podle Směrnic o ochraně zdraví před nepříznivými účinky hluku, vydaných ministerstvem zdravotnictví v Praze.

Chvění bylo stanoveno podle ČSN 01 1390 a výsledky byly srovnány s nejvyššími přípustnými hodnotami, uvedenými v hygienických předpisech Směrnic a ochrana zdraví před nepříznivým působením mechanického kmitání a chvění (vibrací), které vydalo opět ministerstvo zdravotnictví v Praze.

Pro stanovení hluku i chvění byla použita přesná měřicí souprava firmy Brüel a Kjaer typu 2203 se vším příslušenstvím.

Podle nové soustavy SI jsou dřívější jednotky výdeje energie tzv. kcal nahrazeny jednotkou joule – J, kdy 1 kcal se rovná 4186,8 J (kJ = = kilojoule). Zdůrazňuje se, že všechny údaje energetického výdeje jsou uvedeny v netto kJ. Zařazení namáhavosti je provedeno podle čs. arbitrární stupnice pro hodnocení práce mužů a podle čs. arbitrární stupnice snížené o 30 % hodnocení práce žen (tabulka I). Časové údaje byly měřeny setinnými stopkami.

Při fyziologické studii školkování bylo získáno 131 hodnot energetického výdeje, při studii sběru šišek 69 těchto hodnot.

U školkovacího stroje Picador nebylo fyziologicky hodnoceno tzv. páskování semenáčků (viz úvod). Také není do směnového energetického výdeje zakalkulováno. Z těchto důvodů není vhodný přepočet energetického výdeje na určitý počet zaškolovaných sazenic (např. na 10 000 kusů).

I. Čs. arbitrární stupnice namáhavosti. — Czechoslovak arbitrary scale of troublesomeness

Stupeň obtížnosti práce	Muži		Ženy – údaje sníženy o 30 %	
	kJ za min	kJ za směnu	kJ za min	kJ za směnu
Velmi lehká	do 4,187	do 1256,04	do 2,931	do 879,23
Lehká	– 12,560	– 2512,08	– 8,374	– 1758,46
Mírná	– 20,934	– 4186,80	– 14,654	– 2930,76
Středně těžká	– 33,494	– 6280,20	– 23,446	– 4396,14
Těžká	– 41,870	– 8373,60	– 29,308	– 5861,52
Velmi těžká	– 62,802	– 10467,00	– 43,961	– 7326,90
Nejtěžší	nad 62,802	nad 10467,00		

Pro výpočet celosměnového výdeje energie bylo použito časových údajů z dlouhodobého sledování jednotlivých školkovacích strojů. Uváděné ztrátové časy nevznikly zdržením při měření, ale byly pracovníky školkařského závodu zjištěny, a proto jsou uvedeny v celosměnových kalkulacích.

U všech školkovacích strojů byla hodnocena práce ženy, při sběru šišek z vysokých stromů byla hodnocena práce muže.

VÝSLEDKY

ŠKOLKOVÁNÍ SEMENÁČKŮ ŠKOLKOVACÍMI STROJI

Důležitá osobní data vyšetřované ženy a muže jsou uvedena v tabulce II.

II. Osobní data vyšetřovaných osob. — Personal data of examined persons

Vyšetřovaná osoba	Výška v cm	Hmotnost v kg	Věk	Klidová SF za min	Tab. BM v kJ za 24 h	Tabulkový BM v kJ min ⁻¹
Pišová Růž.	168	102	44	56	7259,91	5,04
Jór Josef	179	74	18	77	8055,40	5,59

Školkování semenáčků strojem Manhardt: Při vlastním školkování pracovnice vykonávají práci v sedě. Z plošiny umístěné před sedačkou jednotlivých článků odeberou hrst semenáčků, které při práci drží v levé ruce. Pravou rukou jednotlivé semenáčky odebírají a vkládají je do chapadel školkovacího stroje tak, aby kořínky byly vně chapadel. Nohy jsou opřeny o stupačky, trup předkloněn cca o 10° ve směru jízdy. Levá ruka se vtěšinou opírá loktem o levé stehno. Tuto vnucenou polohu udržují ženy jen s malou možností obměny přibližně 30 až 40 minut, podle délky školkování záhonu. Kompenzace polohy je uskutečněna pěti až desetiminutovou přestávkou vždy na konci záhonu, která je spojena s přecházením a jinými pracemi.



1. Školovací stroj Manhardt. —Transplanting machine Manhardt

Při otáčení na konci záhonu dvě ženy zvednou článek ze země, další jej zajistí do přepravní polohy. Po otočení stroje se stejným způsobem, jak je výše uvedeno, spustí články na zem a pracovnice dále školkuji. Semenáčky jsou uloženy na jednom konci záhonu a podle potřeby do-
nášeny v dostatečném množství na plošinu stroje.

Při hodnocení pracovní směny byly uvažovány všechny práce nutné pro školkování, tj. vlastní školkování, otáčení stroje (zvedání článků, jejich zajištění v přepravní poloze, po otáčení pak odjištění článků a spuštění), přinášení semenáček, zákonná přestávka a ztrátové časy. Kalorimetricky bylo hodnoceno pouze vlastní školkování a práce při otáčení stroje. Ostatní minutové výdeje energie byly do výpočtů celosměnového energetického výdeje dosazeny podle našich zkušeností z jiných měření. Dlouhodobé časové údaje byly převzaty od pracovníků Školkařského zá-
vodu v Řečanech nad Labem.

Hodnocení práce při školkování: Pracovnice R. P. – výdej energie na 1 minutu činí 2,680 kJ. Práci vsedě je možno hodnotit jako práci velmi lehkou. Srdeční frekvence dosahuje v průměru 64,7 tepu min^{-1} .

Hodnocení práce při otáčení stroje: Pracovnice R. P. – výdej energie na 1 minutu činí 10,312 kJ. Práci je možno hodnotit jako práci lehkou. Srdeční frekvence činí v průměru 73,1 tepu min^{-1} .

Celosměnový výdej energie pracovnice R. P. činí 2354,22 kJ a jeho kalkulace je uvedena v tabulce III.

III. Směnový výdej energie pracovnice R. P. u školkovacího stroje Manhardt. — All-shift energy input of she-worker R. P. at the transplanting machine Manhardt

Popis pracovní činnosti	Čas v min	% ze směny	$\bar{x}$ výdej energie v kJ min^{-1}	$\bar{x}$ výdej energie na činnost v kJ
Školkování	336	65,68	2,680	900,48
Otáčení	102	20,00	10,312	1051,82
Přenášení semenáček	30	5,88	10,467	314,01
Přestávka a ztrátové časy	42	8,24	2,093	87,91
Sa za směnu	510	100		2354,22

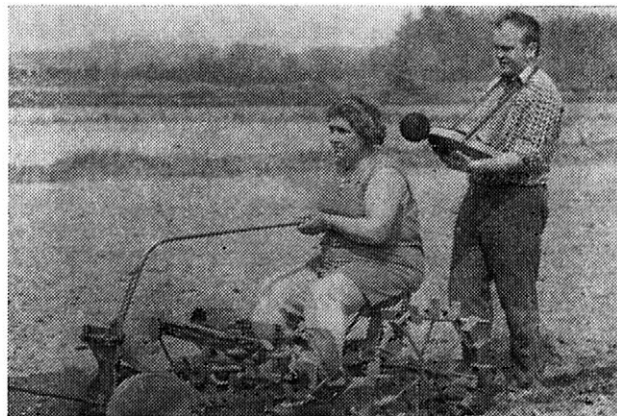
Na závěr hodnocení školkovacího stroje Manhardt se uvádí informa-
tivní kalkulace celosměnového výdeje energie pro 7 žen obsluhy stroje
a traktoristu. Za základ byl vzat (i při hodnocení dalších strojů tomu tak
bude) výdej energie pracovnice R. P. a výdej energie traktoristy, získaný
při podobných měřeních (při vyzvedávání sazenic), ale upravený podle
převzatých časových údajů pro školkování.

Směnový energetický výdej 7 pracovnic: 2354,22 kJ $\times$ 7 osob	16 479,54 kJ
Směnový energetický výdej traktoristy:	2 939,13 kJ
Celkem výdej energie na 80 000 zaškolovaných semenáček	19 418,67 kJ

Školkování semenáček strojem Picador: Pracovní četu tvoří trakto-
rista a dvě ženy. Školovací stroj je za tažným prostředkem tažen, resp.
vlečen. Sedí na něm žena, která řídící tyčí stroje udržuje jeho přímý chod

a sleduje správnou funkci. Druhá žena roznáší napáskované balíky semenáčků k místům plnění stroje. Obsluha stroje na konci školkované plochy provádí práce při jeho otáčení, tj. odepne tažný řetěz, nadzvedne stroj a upevní jej na liště tažného prostředku. Po otočení a najetí na záhon se stroj na liště posune o vymezenou vzdálenost, následuje spuštění stroje, vyháknutí z lišty a připevnění tažného řetězu s pokračováním ve školkování (tj. navádění stroje řídicí tyčí). Šířka záhonu je 1,5 m a při školkování je třeba stroj na liště šestkrát přesunout, aby plocha záhonu vytvořená pojezdem tažného prostředku byla osázena sedmi proužky semenáčků.

2. Školkovací stroj Picador — měření hluku. — Transplanting machine Picador — noise measuring



Pracovnice obsluhující stroj vykonává tuto práci vsedě. Nohy má opřeny o opěrky nohou. Trup je vzpřímený, dolní okončtiny pokrčené. Obě ruce svírají na konci řídicí tyč a podle potřeby opravují přímost pojezdu natlačením doprava nebo doleva. Pracovní poloha je velmi nepříjemná, protože je vratká a při nerovnosti terénu dochází k vychylování stroje do stran. Pokud pracovnice tato vychýlení nevyrovná nakláněním těla, ev. opřením nohy o terén (a už zde je nebezpečí zranění zadním kolem stroje), může dojít k pádu a ke zranění. Z tohoto hlediska je školkovací stroj velmi nevýhodný.

Při výměně rolí napáskovaných sazenic je nutno sestoupit ze stroje, pokleknout, vyměnit prázdnou pásku za pásku plnou, nasednout a dále školkovat.

Osobní údaje pracovnice obsluhující stroj jsou v tabulce II.

Při hodnocení pracovní směny byly zastoupeny tyto činnosti: vlastní školkování, otáčení stroje (tj. jeho nadzvednutí, odepnutí, stranový posun a připnutí), výměna prázdných pásek za plné se semenáčky, zákonná přestávka a ztrátové časy. Kalorimetricky bylo hodnoceno pouze vlastní školkování a práce při otáčení stroje. Ostatní minutové výdeje energie byly dosazeny do výpočtů celosměnových energetických výdejů podle našich zkušeností z jiných podobných měření. Časové údaje byly převzaty od pracovníků ŠZ v Řečanech nad Labem.

Hodnocení práce při školkování: Pracovnice R. P. — výdeje energie na 1 minutu činí 5,924 kJ. Tento výdej je možno hodnotit jako práci lehkou. Srdeční frekvence dosahuje v průměru 72,3 tepů min⁻¹. Zvýšený kalorický výdej i SF jsou způsobeny udržováním rovnováhy při labilní

poloze v sedě (je zapojen větší počet svalových skupin) a úsilím při natlácení řídicí tyče stroje.

Hodnocení práce při otáčení stroje: Pracovnice R. P. – výdej energie na 1 minutu činí 11,652 kJ. Práci je možno hodnotit jako lehkou. Srdeční frekvence dosahuje v průměru hodnot 86,5 tepů min⁻¹.

Směnový výdej energie pracovnice R. P. činí 3306,90 kJ a jeho výpočet je uveden v tabulce IV.

IV. Směnový výdej energie pracovnice R. P. u školkovacího stroje Picador. — All-shift energy input of she-worker R. P. at the transplanting machine Picador

Popis pracovní činnosti	Čas v min	% ze směny	$\bar{x}$ výdej energie v kJ min ⁻¹	$\bar{x}$ výdej energie na činnost v kJ
Školkování	360	60,78	5,924	2132,64
Otáčení	90	23,53	11,652	1048,68
Přestávka a ztrátové časy	60	15,69	2,093	125,58
Sa za směnu	510	100		3306,90

Výpočet celosměnového energetického výdeje při práci se strojem Picador je tvořen výdejem traktoristy, pracovnice na školkovacím stroji a pracovnice roznášející plně role se semenáčky. Výdej energie traktoristy a druhé pracovnice byly převzaty podle podobných měření, upravených podle dlouhodobého časového snímku pro školkování strojem Picador. Denní výkonnost je 60 000 zaškolovaných semenáčků.

Směnový výdej energie pracovnice při školkování	3 306,90 kJ
Směnový výdej energie traktoristy	2 939,13 kJ
Směnový výdej energie pracovnice při roznášení	4 333,34 kJ
Celkem výdej energie na 60 000 semenáčků	10 579,37 kJ

Školkování semenáčků strojem Hari: Pracovní četou tvoří 2 členové obsluhy. Stroj má vlastní motor. Jednou částí svého podvozku se pohybuje po deskách vzájemně spojených a opatřených vodicí kolejničkou. Druhou částí pojíždí po ploše připravené k zaškolování. Desky s vodicími kolejničkami se přemísťují na vyznačenou stopu vytvořenou předchozím pojezdem. Pro přemístění stroje na další záhon se používá přepravní kolebky. Sled prací je: vytvoření vodicí dráhy z desek opatřených kolejničkami, nasazení školkovacího stroje a rozmístění dvou školkovacích článků, umístění zásobníků se semenáčky a vlastní školkování. Po dojezdu na konec plochy se provádí otočení školkovacích článků, přemístění zásobníků se semenáčky a ve stejné stopě přejezd zpět. Záhony jsou 1,4 m široké, školkuje se sedm proužků.

Popis pracovní polohy: Pracovnice vykonávají práci vsedě. Nohy jsou opřeny o stupačky, trup předkloněn cca o 35° dopředu směrem ke kolům. Levá ruka držící zásobu semenáčků je opřena loktem o levé stehno, pravá ruka odebírá z levé jednotlivé semenáčky a vkládá je do školkovacího článku mezi pružné přitlačné talíře podle zvukového signálu tak, že semenáčky mají být od sebe v proužku vzdáleny 7,5 cm. Ženy sedí zády



ke směru pojezdu. I u tohoto stroje se nepříznivě projevuje vnucená pracovní poloha, kdy jen ve velmi malé míře je možno ji změnit cca po dobu 30 minut. Tato vnucená poloha je přerušována přestávkami dlouhými 5–10 minut, spojenými s přecházením a jinými pracemi při otáčení.

Denní výkonnost je 21 000 zaškolkových semenáčků. Ve Školkařském závodě v Řečanech používají tuto úpravu pracovního postupu: Pro přemístění (přeložení) pojezdových desek a pro přeložení školkovacího stroje kolébkou na nový záhon využívají muže, pracujícího v blízkosti. Je to proto, že manipulace s deskami i se strojem je obtížnější. Tato spolupráce se velmi osvědčuje. Proto při hodnocení bude odpovídající „mužská část“ práce zahrnuta do celosměnového výdeje energie. Časové údaje jsou opět převzaty od pracovníků ŠZ v Řečanech. V pracovní směně jsou zastoupeny tyto činnosti: školkování, otáčení stroje (přeložení školkovacích článků, sedaček, zásobníků se semenáčky a jejich správné rozmístění), zákonné přestávky, ztrátové časy. Kalorimetricky bylo zhodnoceno pouze školkování semenáčků a práce při otáčení stroje. Ostatní minutové výdeje energie byly dosazeny do výpočtů celosměnového energetického výdeje podle našich zkušeností z jiných podobných měření.

Hodnocení práce při školkování: pracovnice R. P. — výdej energie na 1 minutu činí 2,043 kJ. Tento pracovní výdej je možno hodnotit jako práci velmi lehkou. Srdeční frekvence dosahuje v průměru hodnot 62,5 tepů min^{-1} .

V. Směnový výdej energie pracovnice R. P. u školkovacího stroje Hari. — All-shift energy input of she-worker R. P. at the transplanting machine Hari

Popis pracovní činnosti	Čas vmin	% ze směny	$\bar{x}$ výdej energie v kJ min^{-1}	$\bar{x}$ výdej energie na činnost v kJ
Školkování	264	51,76	2,043	539,35
Otáčení	120	23,53	16,668	2000,16
Přestávka	20	3,92	2,093	41,86
Ztrátové časy	106	20,79	2,093	221,86
Sa za směnu	510	100		2803,23

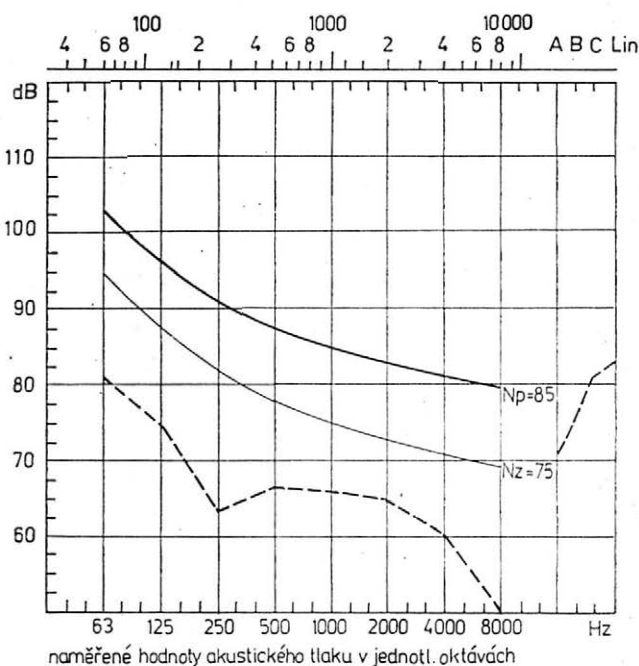
Hodnocení práce při otáčení: pracovnice R. P. – výdej energie na 1 minutu činí 16,668 kJ. Tento výdej je možno hodnotit jako práci mírnou. Srdeční frekvence dosahuje v průměru hodnot 93,4 tepu min^{-1} .

Výpočet směnového výdeje energie pracovnice R. P. je uveden v tabulce V a činí 2803,23 kJ.

Celosměnová kalkulace výdeje energie u školkovacího stroje Hari je sestavena z výdeje pracovnice u školkovacího stroje a z výdeje vypomáhajícího muže. Pro vlastní školkování a otáčení stroje byla za základ vzata vydaná energie pracovnice R. P.

Směnový výdej energie pracovnice při školkování	2803,23 kJ
Výdej energie vypomáhajícího muže $92 \text{ min} \times 14,654 \text{ kJ min}^{-1} =$	1318,86 kJ
Směnový výdej energie 2. pracovnic při školkování	2803,23 kJ
Celkem energetický výdej na 21 000 semenáčků	6925,32 kJ

Měření hluku u školkovacích strojů přineslo uvedené výsledky. Práce žen byla hodnocena jako fyzická práce bez nároku na duševní soustředění a sledování okolí sluchem. Nejvyšší přípustná hodnota $N_p = 85$.



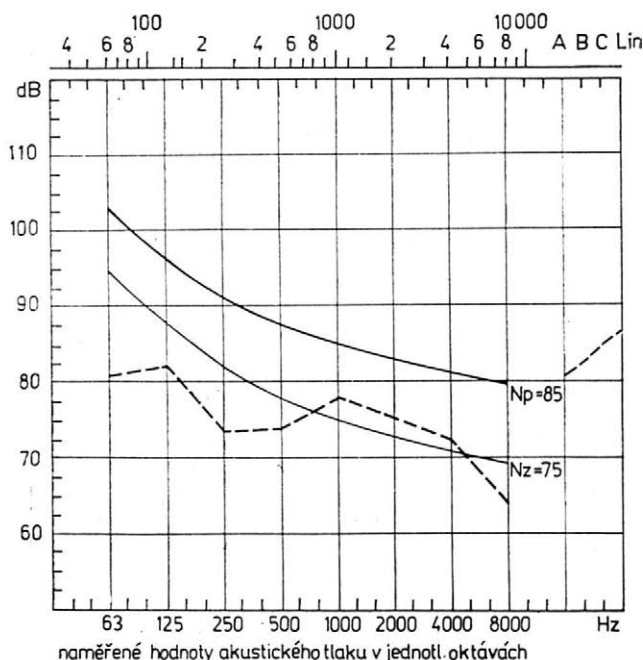
4. Oktávová analýza hluku stroje Manhardt. – Octave analysis of noise of the machine Manhardt

stroj	charakter v dB				číslo tř. N dle ISO	dotýká se křivky ISO v oktávě Hz
	A	B	C	Lin		
Manhardt	71	75	81	83	68	2000

Školkovací stroj Manhardt: Z průběhu hladin akustického tlaku v jednotlivých oktávových pásmech je patrné, že v žádném oktávovém pásmu není překročena povolená hodnota N_p . Kombinace nosiče nářadí RS-09 a školkovacího stroje Manhardt je z hlediska hluku působícího na obsluhu stroje bez závad (obr. 4).

Školovací stroj Picador: Z průběhu hladin akustického tlaku v jednotlivých oktávových pásmech (obr. 5) je patrné, že v žádném pásmu není překročena přípustná hodnota čísla Np. Kombinace nosiče nářadí RS-09 se školovacím strojem Picador je z hlediska hluku působícího na obsluhu stroje bez závad.

5. Oktávová analýza hluku stroje Picador. — Octave analysis of noise of the machine Picador

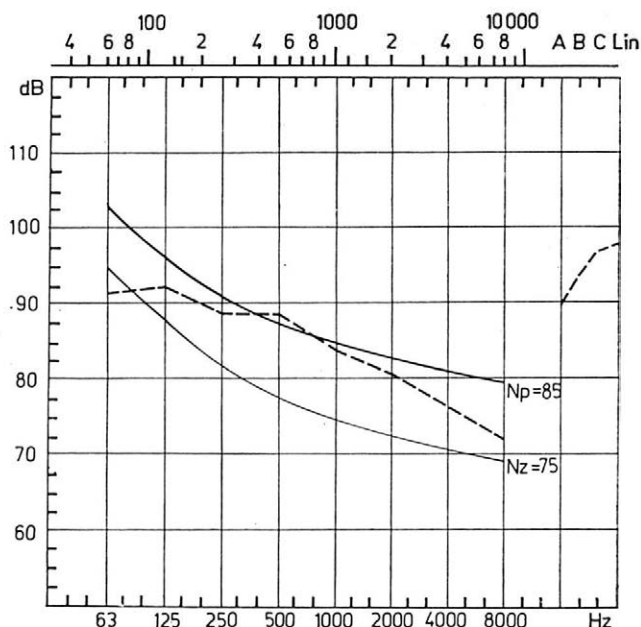


Školovací stroj Hari: Z průběhu hladin akustického tlaku v jednotlivých oktávových pásmech je patrné (obr. 6), že při kmitočtu 500 Hz je nejvyšší přípustná hodnota Np = 85 překročena. V ostatních pásmech tomu tak není. Je tedy školovací stroj Hari po stránce hlučnosti závadný a jeho obsluha musí používat při práci s ním osobní ochranné pomůcky, snižující toto nepříznivé působení hluku.

Měření chvění u školovacích strojů přineslo tyto výsledky: U školovacích strojů se vyskytuje přenos chvění na ruce (Picador) a přenos chvění na celé tělo (Manhardt, Picador, Hari). Nejvyšší přípustné hladiny zrychlení chvění La (p) pro oktávové pásmo

31,5	63	125	250	500	1000 Hz	po připočtení korekcí jsou
120	130	135	135	135		při přenosu chvění na ruce,
140	145	150	150	150	150 dB	při přenosu na celé tělo.

Školovací stroj Manhardt: Z průběhu naměřených hladin zrychlení chvění v jednotlivých oktávových pásmech je patrné, že hodnoty všech tří na sebe kolmých směrů na sedačce i opěrce pro nohy v žádném přípa-



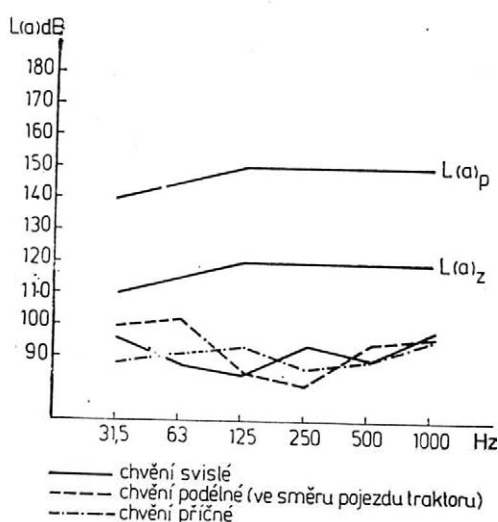
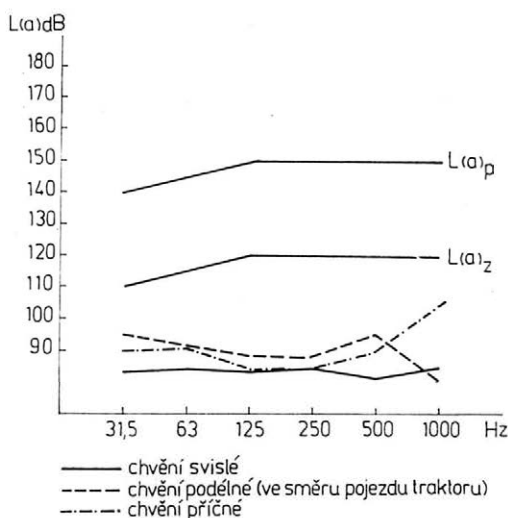
6. Oktávová analýza hluku stroje Hari. — Octave analysis of noise of the machine Hari

naměřené hodnoty akustického tlaku v jednotlivých oktávách

stroj	charakter v dB				číslo tř. N dle ISO	dotýká se křivky ISO v oktávě Hz
	A	B	C	Lin		
Hari	89,5	94	97	98	86,4	500

dě nepřekračují hodnoty povolené (obr. 7, 8). Školovací stroj Manhardt je po stránce chvění hygienicky nezávadný.

Školovací stroj Picador: Z průběhu naměřených hladin zrychlení

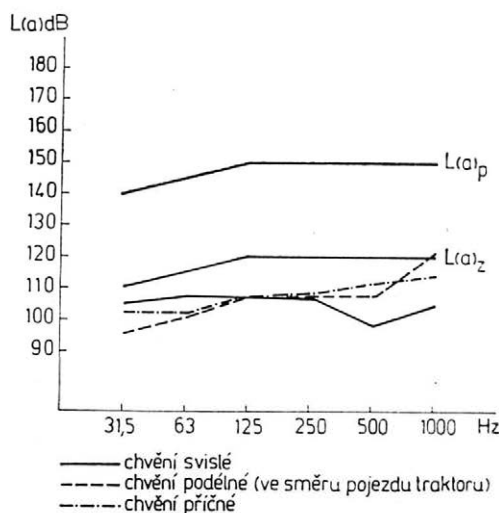
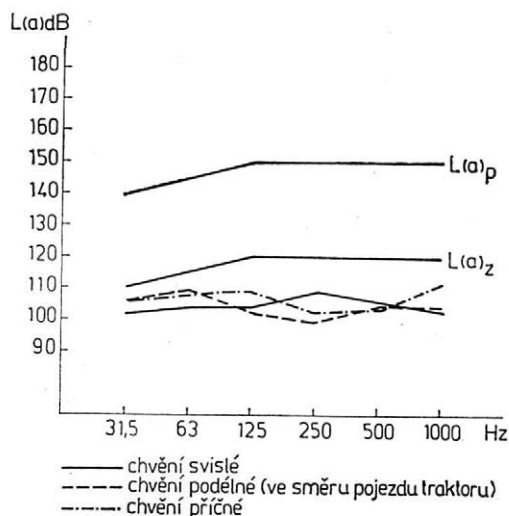


7. Chvění sedačky stroje Manhardt. — Seat vibrations of the machine Manhardt

8. Chvění stupačky stroje Manhardt. — Running board set vibrations of the machine Manhardt

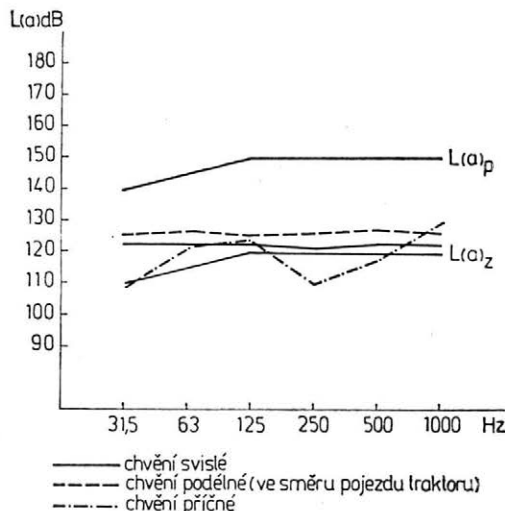
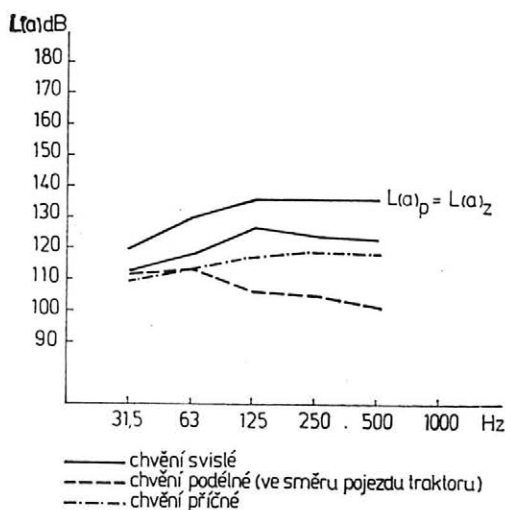
chvění v jednotlivých oktávových pásmech je patrné (obr. 9-11), že hodnoty všech tří na sebe kolmých směrů na všech místech měření (sedačka, opěrka pro nohy, řídicí tyč) v žádném případě nepřekračují hodnoty přípustné. Školovací stroj Picador je po stránce chvění hygienicky nezávadný.

Školovací stroj Hari: Z průběhu naměřených hladin zrychlení chvění v jednotlivých oktávových pásmech je patrné (obr. 12 a 13), že hodnoty chvění ve všech třech na sebe kolmých směrech a na všech místech



9. Chvění sedačky stroje Picador. — Seat vibrations of the machine Picador

10. Chvění stupačky stroje Picador. — Running board set vibrations of the machine Picador

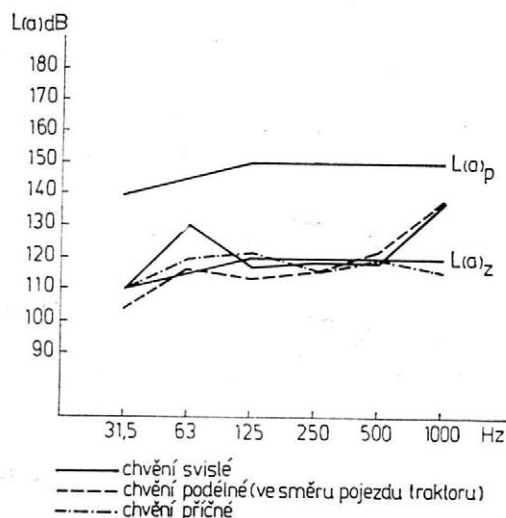


11. Chvění řídicí tyče stroje Picador. — Steering rod vibrations of the machine Picador

12. Chvění sedačky stroje Hari. — Seat vibrations of the machine Hari

měření (sedačka a opěrka pro nohy) v žádném případě nepřekračují hodnoty přípustné. Školovací stroj Hari s vlastním motorem je po stránce chvění hygienicky nezávadný.

SBĚR ŠÍŠEK ZE STOJÍCÍCH VYSOKÝCH STROMŮ



13. Chvění stupačky stroje Hari. — Running board set vibrations of the machine Hari

slušnou fázi sběru a nakonec také stanoven průměrný minutový výdej energie sběru semene ze stojícího stromu.

Osobní údaje trhače jsou uvedeny v tabulce II.

Měření byla konána na smrcích s výčetní tloušťkou 42,5 cm a Ø výškou 27 m. Výdej energie činil:

fáze sběru	kJ min ⁻¹	hodnocení namáhavosti
výstup po kmeni bez větví	38,577	práce těžká
výstup po kmeni s větvemi	29,663	práce středně těžká
trhání	17,342	práce mírná
sestup po kmeni s větvemi	25,079	práce středně těžká
sestup po kmeni bez větví	37,635	práce těžká

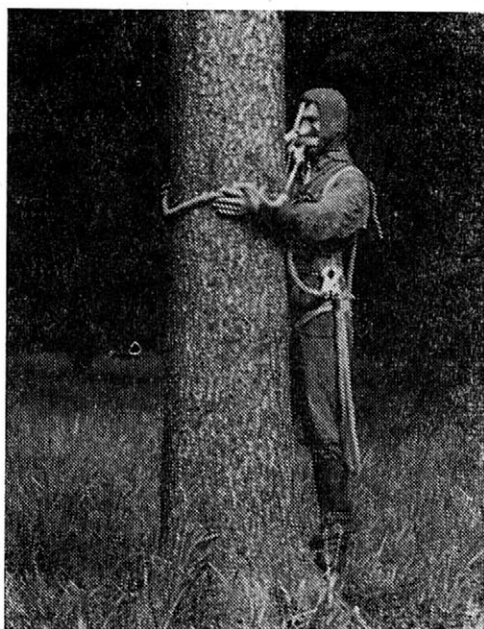
fáze sběru	hodnoty srdeční frekvence	
	btto	netto
výstup po kmeni bez větví	146,8 (137–157)	69,8
výstup po kmeni s větvemi	129,1 (117–149)	52,1
trhání v koruně	108,0 (100–118)	31,0
sestup po kmeni s větvemi	117,3 (103–125)	40,3
sestup po kmeni bez větví	139,3 (130–152)	62,3

Domníváme se, že srdeční frekvence správně potvrzuje vysoký kalorický výdej. Je nutno upozornit, že u trhače po slezení jednoho stromu ani po uplynutí 16 minut vsedě nedosahuje SF výchozích klidových hodnot.

Dosadíme-li minutový výdej energie do některého z časových snímků, pak obdržíme příklad výpočtu výdeje energie na výstup, trhání a sestup jednoho stromu (tabulka VI).

Statická námaha hodnocena podle Borského a Hubače (1967) je velmi mírného až středního stupně. Nejvyšší byla při výstupu po kmeni s větvemi (střední stupeň), nejnižší při trhání šišek (první stupeň). Ostatní fáze sběru jsou zařazeny podle výsledků do druhého, tj. mírného stupně statické námahy.

Podle údajů PŘSL v Brně lze při střední úrodě smrku očekávat 4 až 8 výstupů za směnu. Při průměru 6 výstupů dosahuje kalorický výdej cca 6699 kJ na práci, což je výdej ještě únosný. Při překročení tohoto počtu výstupů je doporučený směnový



14. Trhač šišek s polomaskou a respirometrem před výstupem. — Cone collector with demi-mask and respirometre before the mounting

VI. Stanovení výdeje energie na sklizeň z jednoho stromu. — Assessment of energy input for a harvest from one tree

Fáze sběru	Čas v min	kJ min^{-1}	kJ na fázi
Výstup po kmeni bez větví	4	38,577	154,31
Výstup po kmeni s větvemi	11	29,663	326,29
Trhání	17	17,342	294,81
Sestup po kmeni s větvemi	10	25,079	250,79
Sestup po kmeni bez větví	2	37,635	75,27
Celkem na 1 strom	44		1101,47

výdej energie překračován. Průměrný minutový výdej cca 25,033 kJ ukazuje, že ve směně by nemělo být pracováno déle jak 250 minut, přičemž přestávky mezi jednotlivými výstupy by měly být cca 37 min, z toho 20 až 25 min na odpočinek vsedě a zbylý čas pro přecházení, přípravu dalšího výstupu atd.

Na základě ergonomického šetření současných způsobů strojového školkování lesních semenáčků a sběru šišek z vysokých stromů za pomoci stupačkové soupravy, konaného parciální metodou nepřímé kalorimetrie po stránce fyziologické a podle předpisů a norem po stránce hygienické, bylo dosaženo těchto výsledků:

Školkování semenáčků zkoumanými stroji patří mezi práce velmi lehké až lehké, přičemž podle minutového výdeje energie a pracovní polohy je nejsnadnější práce se strojem Manhardt ($4,618 \text{ kJ min}^{-1}$), dále pak se strojem Hari ($5,497 \text{ kJ min}^{-1}$) a strojem Picador ($6,669 \text{ kJ min}^{-1}$).

Z hlediska hluku a chvění jsou školkovací stroje Manhardt a Picador bez závad. U školkovacího stroje Hari pouze v oktávovém pásmu 500 Hz přesahuje hladina akustického tlaku nejvyšší přípustnou hodnotu Np. Proto je nutno při práci s tímto strojem používat osobní ochranné pomůcky chránící sluch. Jiné hygienické závady stroj Hari nemá.

Fyziologické hodnocení sběru šišek z vysokých stromů za pomoci stupačkové soupravy nám dává první konkrétní podklady pro správné profesigrafické začlenění této práce. Výdej energie cca $41,87 \text{ kJ min}^{-1}$ při výstupu na strom a sestupu ze stromu řadí tuto práci mezi práce těžké a vzhledem ke zvýšenému nebezpečí úrazu i velkému psychickému zatížení v současné době mezi nejtěžší v lesnictví. V každém případě je to podnět pro intenzivnější hledání nových, alespoň stejně výkonných způsobů sběrů, které budou pro člověka po stránce fyziologické únosné.

Došlo dne 26. 1. 1976

Literatura

1. BORSKÝ, I. — HUBAČ, M.: Vplyv statického a dynamického zafazenia na niektoré fyziologické funkcie organizmu. Pracovní lékařství, 1967, č. 5, s. 201-205
2. ČERMÁK, K.: Fyziologie, hygiena a bezpečnost práce v lesnictví. Studijní informace, ÚVTI Praha, 1966
3. FIALA, A.: Konstrukce lesopěstebních strojů z hlediska hygieny a bezpečnosti práce. Bezpečnost a hygiena práce v lesním hospodářství. Dům techniky Žilina, 1967
4. HANUSOVÁ, V.: Ein Respirometer für die kontinuierliche Messung des Atemvolumens mit Fernübertragung. Int. Z. angew. Physiol., 31, 1973, s. 141-150
5. HANUSOVÁ, V. — BAREŠ, V. — KOŠTÁL, M.: Radiometrie dechového objemu a frekvence. Lékař a technika, 1975, č. 3, s. 58-60
6. KOTYZA a kol.: Nové směry ve školkařském provozu. SZN Praha, 1963
7. ŠTAUD — FIALA — DROCHÝTKA — LIŠKA: Mechanizace prací v lesních školkách. Dům techniky Brno, 1965
8. ZELENÝ, A.: Metody studia energetického metabolismu, ventilace a cirkulace při fyzické práci. Fyziologie práce. Práce, Bratislava, 1966
9. Kolektiv: Hluk na pracovišti. Práce Bratislava, 1967
10. Kolektiv: Hygienické předpisy MZd. Směrnice o ochraně zdraví před nepříznivým působením mechanického kmitání a chvění (vibrací). Praha 1967
11. Kolektiv: Hygienické předpisy MZd. Směrnice o ochraně zdraví před nepříznivými účinky hluku. Praha 1967

Физиологическое и гигиеническое обследование некоторых видов работ в лесоводстве

На основе эргономического исследования современных способов машинного школирования лесных сеянцев и сбора шишек с высоких деревьев с помощью когтей, проведенного парциальным методом косвенной калориметрии с физиологической точки зрения и на осно-

вании предписаний и норм с гигиенической точки зрения, были достигнуты следующие результаты:

Школирование сеянцев с помощью изучаемых машин относится к числу очень легких или легких работ, причем исходя из минутного расхода энергии и рабочего положения самая нетрудная работа была с использованием машины Мангард ($4,618 \text{ кдж мин}^{-1}$), затем машины Гари ($5,497 \text{ кдж мин}^{-1}$) и машины Пикадор ($6,669 \text{ кдж мин}^{-1}$).

С точки зрения шума и вибрации школирующие машины Мангард и Пикадор безупречны. У машины Гари только в октавной зоне 500 герц уровень акустического давления превышает наивысшее допустимое значение. Поэтому при работе с этой машиной необходимо пользоваться личными защитными средствами, предохраняющими слух. Иных гигиенических недостатков машина Гари не имеет.

Физиологическая оценка сбора шишек с высоких деревьев с помощью когтей представляет первые конкретные данные для правильного профессиографического определения этой работы. Расход энергии около $41,87 \text{ кдж мин}^{-1}$ при подъеме на дерево и спуске с него относит эту работу к числу тяжелых работ и ввиду повышенной опасности несчастного случая, большой психической нагрузки — к самым тяжелым работам в лесном хозяйстве. Во всяком случае это — побуждение для более интенсивного поиска новых, по меньшей мере не менее эффективных способов сбора, которые будут с физиологической точки зрения более приемлемы для человека.

Physiological and Hygienic Study of Some Silvicultural Works in Forestry

On the basis of ergonomic inquiries of present methods of machine transplanting of seedlings and cone collection from the high trees with help of a running board set, by partial method of undirect calorimetry in the physiological respect and according to the regulations and the norm in the hygienic respect, the following results were reached:

The transplanting of seedlings made by examined machines belongs to very easy to easy work, whereby according to a minute energy input and working position the easiest machine to manipulate with is Manhardt ($4,618 \text{ kJ min}^{-1}$), followed by Hari ($5,497 \text{ kJ min}^{-1}$) and Picador ($6,669 \text{ kJ min}^{-1}$).

From the point of view of noise and vibrations there are no defects at the transplanting machines Manhardt and Picador. Only at the transplanting machine Hari a level of acoustic pressure exceeds the highest admissible value N_p in an octave band 500 Hz. Therefore it is necessary to use safe-guarding personal means to protect the hearing. There are no other hygienic defects at the machine Hari.

Physiological evaluation of cone collection from the high trees with help of the running board set gives the first concrete basis for the right incorporation of this work. Energy input cca $41.87 \text{ kJ min}^{-1}$ at mounting and descending the tree classes this work with hard works and with regard to an increased danger of injury and large psychical stress even with the hardest ones in the forestry. In any case, it is a stimulation for more intensive looking for new, at least likewise efficient methods of cone collection, which will be paying for man in the physiological respect.

Physiologische und hygienische Studien zu einigen Pflegearbeiten in der Forstwirtschaft

Aufgrund der ergonomischen Untersuchung der gegenwärtigen Art und Weise der Maschinenverschulung der Waldsämlinge und der Zapfengewinnung von hohen Bäumen mit Hilfe des Steigeisens, durchgeführt aufgrund der partiellen Methode der indirekten Kalorimetrie vom physiologischen Standpunkt und nach den Vorschriften und Normen vom hygienischen Standpunkt, wurden folgende Ergebnisse erreicht:

Die Verschulung der Sämlinge, durchgeführt mit den geprüften Maschinen gehört zu den sehr leichten bis leichten Arbeiten, wobei nach der Minutenausgabe der Energie und der Arbeitsstellung die leichteste Arbeit mit der Maschine Manhardt ($4,618 \text{ kJ min}^{-1}$) ist, weiter dann mit der Maschine Hari ($5,497 \text{ kJ min}^{-1}$) und mit der Maschine Picador ($6,669 \text{ kJ min}^{-1}$).

Vom Standpunkt des Geräusches und der Vibration sind die Verschulungsmaschinen Manhardt und Picador defektlos. Bei der Verschulungsmaschine Hari übersteigt nur in der Oktavenzone 500 Hz das Niveau des akustischen Druckes den höchstzulassenden Wert N_p . Deshalb ist es nötig bei der Arbeit mit dieser Maschine die

persönlichen Schutzhilfsmittel, die das Gehör schützen, anzuwenden. Andere hygienische Defekte hat die Maschine Hari nicht.

Die physiologische Bewertung der Zapfengewinnung von hohen Bäumen mit Hilfe des Steigeisens gibt uns die ersten konkreten Unterlagen für die richtige physiographische Eingliederung dieser Arbeit. Die Energieausgabe cca $41,87 \text{ kJ min}^{-1}$ bei dem Aufstieg auf den Baum und Abstieg vom Baum gliedert diese Arbeit in schwere Arbeiten ein und in Hinsicht auf erhöhte Unfallgefahr, zur großen psychischen Belastung gehören sie in der gegenwärtigen Zeit zu den schwersten Arbeiten in der Forstwirtschaft. Im jeden Fall ist es ein Anlaß zum intensiveren Suchen von neuen, mindestens gleich leistungsfähigen Arten und Weisen der Gewinnung, die für den Menschen vom physiologischen Standpunkt erträglicher wären.

L'étude physiologique et hygiénique de certains procédés cultureux en sylviculture

Sur la base de la recherche ergonomique des modes actuels de repiquage mécanique des semis forestiers et de récolte des cônes à partir des arbres élevés, à l'aide d'un assortiment de crampons, effectuée en appliquant la méthode partielle de calorimétrie indirecte sur le plan physiologique et selon les prescriptions et les normes sur le plan hygiénique, on a obtenu les résultats suivants:

Le repiquage des semis, réalisé à l'aide des machines examinées, est considéré comme un travail très léger ou léger et si l'on tient compte de la dépense d'énergie par minute et de la position pendant le travail, l'opération la plus facile est celle avec la machine Manhardt ($4,618 \text{ kJ min}^{-1}$), puis avec la machine Hari ($5,497 \text{ kJ min}^{-1}$) et enfin avec la machine Picador ($6,669 \text{ kJ min}^{-1}$).

Du point de vue du bruit et des vibrations, les machines Manhardt et Picador sont sans défauts. En ce qui concerne la machine de repiquage Hari, ce n'est que dans la zone d'octave de 500 Hz que le niveau de la pression acoustique dépasse la valeur admissible maxima de Np. Il est par conséquent nécessaire d'utiliser, en opérant avec cette machine, les dispositifs de protection qui protègent l'ouïe. La machine Hari n'a pas d'autres défauts de caractère hygiénique.

L'estimation physiologique de la récolte des cônes à partir des arbres hauts, à l'aide d'un assortiment de crampons, nous donne les premières données concrètes, permettant le classement professionnel graphique exact de ce travail. La dépense d'énergie d'environ $41,87 \text{ kJ min}^{-1}$, nécessaire à grimper sur l'arbre et à descendre de l'arbre, classe ce travail parmi les travaux difficiles et à l'époque actuelle, compte tenu du risque accru d'accidents et de la charge psychique élevée, parmi les travaux les plus difficiles en sylviculture. En tout cas, c'est là une suggestion de chercher des modes nouveaux de récolte qui seraient au moins aussi efficaces et acceptables pour l'homme sur le plan physiologique.

Adresy autorů:

Ing. Alfons Fiala, lesnická fakulta VŠZ, Brno, MUDr. Věra Hanusová, Institut hygieny a epidemiologie, Praha

Zvýšení produktivity práce a zlepšení pracovního prostředí se dosahuje zlepšenou organizací, mechanizací a automatizací pracovních postupů. V lesním hospodářství se podařilo za uplynulých sto let na úseku těžby dřeva zavedením lepšího nářadí, lepší jeho údržby a zavedením motorových pil, jakož i mechanizovanou dopravou, zvýšit výrobnost pětinaásobně. Na úseku pěstební činnosti, která zaujímá skoro 40 % všech prací oproti 25 % těžebních prací, nebyla zvýšena prakticky vůbec produktivita práce až na některé postupy v dnešních lesních školkách. Zalesňování, které tvoří největší objem pěstebních prací, vykazuje při tradiční jamkové sadbě stejnou výkonnost kolem 140 kusů za směnu jako před sto lety (Stolařík 1971). Iniciativou některých lesníků, kteří zavedli koutovou sadbu se podařilo bez mechanizace zvýšit denní výkonost na 600 až 1000 sazenic při sníženém energetickém výdeji (Stolařík 1963, 1965).

Rozborem zjišťujeme, že objem školkařských prací činil v letech 1890 až 1920 kolem 30 % [23]. Dnes činí tento podíl kolem 25 % vlivem mechanizované přípravy půdy a dílčí chemizace. Další úspory ve školkařství můžeme dosáhnout jen koncentrací a mechanizací prací ve velkoškolkách. Příkladem nám mohou být výsledky, kterých bylo dosaženo v Německé demokratické republice, kde ve srovnání s námi dosáhli čtyřnásobné produktivity práce. Velkoškolka Königssee, která produkuje pětileté smrkové a tříleté až čtyřleté bukové sazenice, vykazuje 0,4 pracovníka na ha. Velkoškolky v Bühlau u Drážďan a v Bad Liebenwerda zaměstnávají 0,5 pracovníka na ha, zatímco u nás kolem 1,7. Před zavedením dílčí chemizace bylo mnoho školek se 4 pracovníky na ha (Stolařík 1966). Mechanizace v těchto velkoškolkách včetně závlahového hnojení je osvědčená, jak dokládá četná literatura, např. Fritsche (1964).

Změna struktury našeho obyvatelstva vlivem koncentrace a mechanizace v zemědělství a výstavby průmyslových aglomerací nedává lesnímu hospodářství vyhlídky pro získávání pracovníků z řad zemědělců hledajících doplňkové zaměstnání v lese. Na základě šetření ve 26 obcích Červenopoříčska snížil se v těchto obcích počet obyvatel v letech 1854 až 1961 ze 6114 na 3204, tj. o 47,5 % (Stolařík 1970).

Naše ergonomická studie v lesních školkách má za úkol opatřit další materiál na podporu koncentrace a mechanizace školkařského provozu z hlediska vytvoření zdravého pracovního prostředí pro osoby zde zaměstnané a odbourat předsudky, že jde o zdravou a lehkou práci.

METODIKA

POPIS PRACOVIŠTĚ A TECHNIKY

Vyšetřování vykonávaných ručních prací se uskutečnilo v průběhu sedmi směn převážně v jarních měsících v lesní školce Kamenice Lesního závodu Plasy. Školka má celkovou výměru 2,30 ha a užitkovou plochu 1,86 ha. Pro porovnání jsme sledovali zatížení pracovníků při strojním školkování opět na jaře v lesní školce Brod Lesního závodu Stříbro. Tato školka má celkovou výměru 0,65 ha a užitkovou plochu 0,52 ha. Při strojním školkování bylo použito školkovacího stroje Pí 1-7F z řady za nářadový traktor RS - 09 z NDR. Šířka záběru stroje byla 146 cm. Bylo pracováno s plíživou rychlostí. Rozmoklý terén po noční bouři znemožnil měření v prvním dnu, protože kola traktoru se protáhla.

Pro informaci čtenáře uvádíme celoroční objem prací v lesní školce Kamenice. V roce 1969 bylo ve školce odpracováno 9250 hodin. Z toho připadalo na přípravu půdy 6,4 %, ruční a strojní setí 4,9 %, školkování do rámu 5,4 %, pletí a kypření 34,2 %, vyzvedávání sazenic 41,6 %, ruční přehazování a stavění kompostu 1,1 % a na ostatní práce 6,4 %. Strojních hodin (tj. traktorových hodin) bylo odpracováno 99,4, z čehož 90 % připadalo na orbu a přípravu půdy.

CHARAKTERISTIKA VYŠETŘOVANÝCH OSOB

V lesní školce Kamenice pracovalo 9 žen s věkovým průměrem 50,2 roků, nejmladší bylo 33 roků, nejstarší 61 roků. Z uvedeného souboru byly vyšetřeny 3 ženy (B. R. - 33 roků, L. C. - 39 roků a A. F. 44 roků). Všechny pracovaly v lesní školce déle než 3 roky. V lesní školce Brod pracovaly průměrně 4 pracovnice, při strojním školkování byl stav doplněn na 9 pracovníků. Jejich průměrný věk byl 47 roků, nejmladší pracovníci bylo 27 roků a nejstarší 58 roků. Vyšetřované ženě (V. H.) na školkovacím stroji bylo 39 roků a traktoristovi (K. R.) 42 roků. Na závěsném stroji pracovalo 7 žen, 1 žena donášela semenáčky. Třídění semenáčků zajišťovala jiná skupina pracovníků. Také v tomto souboru všichni pracovali déle než 3 roky. Pro naše účely jsme nepotřebovali údaje o výšce a hmotnosti sledovaných pracovníků. I kidové hodnoty tepové frekvence jsou uvedeny v tabulce II.

KLIMATICKÉ PODMÍNKY

Vzhledem k přítěžujícímu vlivu nepříznivých klimatických podmínek na některé funkce organismu byly sledovány klimatické podmínky podle potřeby v různých časových intervalech. Suchou a vlhkou teplotu jsme vyšetřovali Assmannovým psychrometrem každou hodinu. Z tabulky (Oppl, Jokl 1959) jsme odečetli relativní vlhkost. Údaje o rychlosti větru, směru větru a barometrickém tlaku na začátku a na konci směny nám poskytla meteorologická stanice v Plzni.

ČASOVÁ STUDIE

Časové studie jsme konali metodou okamžikového pozorování (Kohlová, Matoušek 1967, Štědrý, Bauer 1966). Před zahájením

měření jsme rozložili jednotlivé pracovní operace na dílčí úkony. Každá z našich pracovnic sledovala vždy dvě až tři operace a v pravidelných minutových intervalech zaškrtnla právě probíhající úkon v příslušném sloupci předem připraveného záznamového listu. U každé sledované pracovnice v lesní školce jsme během směny provedli takových záznamů celkem 465. Rozložení pracovních úkonů v průběhu směny vyjadřujeme v procentech. Při rozdělování na jednotlivé úkony jsme přihlíželi také k otázce pracovních poloh z hlediska dynamické a statické zátěže. Pro tento způsob časoměrného snímkování jsme se rozhodli z důvodů úspory pracovníků, poněvadž měření pomocí stopek je časově velmi náročné a jedna pracovní operace by musela být sledována nejméně dvěma až třemi časoměři. S ohledem na opakující se pracovní děje dává tato metoda staticky podložené a stejně přesné výsledky jako měření stopkami.

TEPOVÁ FREKVENCE

Tepovou frekvenci (TF) jsme použili jako kritérium zatížení z těch důvodů, že ukazuje vlivy klimatické a statické zátěže lépe než měření energetického výdeje zjišťovaného nepřímou kalorimetrií. Výhodou metody měření TF je jednoduché vybavení, které nepřekáží vůbec vyšetřovanému při práci, snadný způsob odečítání a případné mechanizované vyhodnocování.

Pracovní TF jsme sledovali během práce telemetricky podle Mikisky a Hyšky (1967) u 5 osob. Z nich jsme vyšetřili TF opakovaně u tří pracovnic při ručních pracích, u jedné pracovnice při strojním školování a u jednoho traktoristy. Před započatím práce jsme vyšetřili TF a krevní tlak vsedě v přístřešku. Během práce jsme sledovali TF každou druhou až třetí minutu po dobu 60 vteřin. U každé naměřené hodnoty jsme zaznamenali do protokolu právě vykonávanou činnost. V některých dnech jsme vyšetřovali TF také během přestávky. V jednotlivých směnách bylo uskutečněno 119–142 měření TF. Výsledky vyšetření TF jsme také zpracovali metodou podle Andersena (1966), která udává v procentech míru využití pracovní kapacity organismu. Ze zdravotnického hlediska se považuje za optimální využití pracovní kapacity do 25 % (Burger, Příbyl 1974).

V laboratoři jsme sledovali TF tří pracovnic při stupňované zátěži na bicyklovém ergometru. Cílem tohoto vyšetření bylo ověření zdatnosti sledovaných pracovnic. Vyšetření jsme konali po dobu 12 minut a v každé minutě jsme zvyšovali zatížení o 1 kpm s^{-1} . V poslední minutě bylo zatížení 12 kpm s^{-1} . Rychlost otáček pedálů byla 60 min^{-1} . Z hodnot TF při zatěžování na bicyklovém ergometru jsme vypočítali pulsový index výkonnosti podle Müllera, tzv. Leistungspulsindex – LPI (Hettinger 1966) a stanovili physical working capacity (PWC₁₇₀) podle Wahlund a Rutenfranz (1966). Klidové (výchozí) hodnoty TF jsme zjistili po dvacetiminutovém uklidnění vsedě v laboratoři a u některých pracovnic v přístřešku před začátkem práce.

ENERGETICKÝ VÝDEJ

Energetický výdej u jednotlivých sledovaných pracovních operací jsme jednak převzali z předcházejících měření nepřímou kalorimetrií (Zelený

I. Měření mikroklimatických podmínek na pracovišti. — Measurement of microclimatic conditions on a working site

Datum	Hodina	Suchá teplota (°C)	Relativní vlhkost (%)	Rychlost větru (m s ⁻¹)	Směr větru*)	Tlak vzdu- chu (torr)
15. 4. 1969	6,30	-1,6	92	—	—	—
	7,00	0,0	85	2,4	SSW	736,2
	8,00	1,2	79	—	—	—
	9,00	5,0	59	—	—	—
	10,00	7,0	51	—	—	—
	11,00	6,2	57	—	—	—
	12,00	8,2	58	—	—	—
	13,00	7,2	58	5,7	SSW	732,1
Průměr		4,2	67	4,1		734,1
22. 4. 1969	6,30	6,2	58	—	—	—
	7,00	6,4	80	0,0	klid	722,5
	8,00	7,9	65	—	—	—
	9,00	8,2	72	—	—	—
	10,00	11,0	58	—	—	—
	11,00	11,3	62	—	—	—
	12,00	12,0	68	—	—	—
	13,00	—	—	4,4	S	718,1
Průměr		9,0	66	2,2		720,3
29. 4. 1969	6,30	11,2	99	—	—	—
	7,00	12,2	87	0,0	klid	730,9
	8,00	13,0	81	—	—	—
	9,00	14,8	73	—	—	—
	10,00	15,3	71	—	—	—
	11,00	15,8	72	—	—	—
	12,00	14,9	82	—	—	—
	13,00	15,2	89	2,0	NNE	729,3
Průměr		14,1	82	1,0		730,1
6. 5. 1969	6,30	15,8	90	—	—	—
	7,00	16,4	79	0,9	NNE	728,2
	8,00	18,8	72	—	—	—
	9,00	23,4	62	—	—	—
	10,00	25,0	43	—	—	—
	11,00	26,4	33	—	—	—
	12,00	27,0	35	—	—	—
	13,00	25,4	47	4,4	SW	725,4
Průměr		22,3	58	2,7		726,8
13. 5. 1969	6,30	11,3	86	—	—	—
	7,00	16,8	74	0,0	klid	740,2
	8,00	20,2	60	—	—	—
	9,00	23,0	50	—	—	—
	10,00	26,2	45	—	—	—
	11,00	26,0	45	—	—	—
	12,00	29,1	34	—	—	—
	13,00	29,3	39	4,4	SW	737,3
Průměr		22,7	54	2,2		738,8

Datum	Hodina	Suchá teplota	Relativní vlhkosť (°C)	Rychlost větru (m s^{-1}) (%)	Směr větru*)	Tlak vzdu- chu (torr)
20. 5. 1969	6,30	7,9	34	—	—	—
	7,00	6,1	68	5,7	W	733,3
	8,00	7,6	65	—	—	—
	9,00	8,4	62	—	—	—
	10,00	8,6	77	—	—	—
	11,00	11,9	78	—	—	—
	12,00	12,4	62	—	—	—
	13,00	15,0	78	12,3	WSW	734,4
Průměr		9,7	66	9,0		733,9
10. 9. 1969	8,00	15,0	90	—	—	733,2
	8,30	15,0	90	0,0	klid	—
	9,00	15,4	91	—	—	—
	9,30	17,0	86	—	—	732,8
Průměr		15,6	89	0,0		733,0
17. 6. 1970	7,00	18,2	98	0,0	klid	737,6
	14,00	19,3	93	0,9	ENE	737,8
Průměr		18,8	96	0,4		737,7

*) N — sever, S — jih, E — východ, W — západ

a kol. 1959), jednak vypočetli na základě časových snímků a podle tabulkových hodnot Spitzera a Hettingera (1959), Lehmannna (1962), Stolaříka, Lindaura (1963) a dalších (Durnin, Pasmore 1967, Jethon, Krasucki, Rohozinski 1973).

VÝSLEDKY

Vedle fyziologických parametrů bylo naším úkolem sledovat i vliv klimatických podmínek na zatížení pracovníků v lesních školkách. Nejproměnlivějším činitelem při jarních pracích ve školkách se ukázala teplota, která se pohybovala mezi $-1,5^{\circ}$ a $29,3^{\circ}\text{C}$. Tyto velké rozdíly se projevíly v teplotě frekvenci. O výsledcích se zmíníme v příslušné stati.

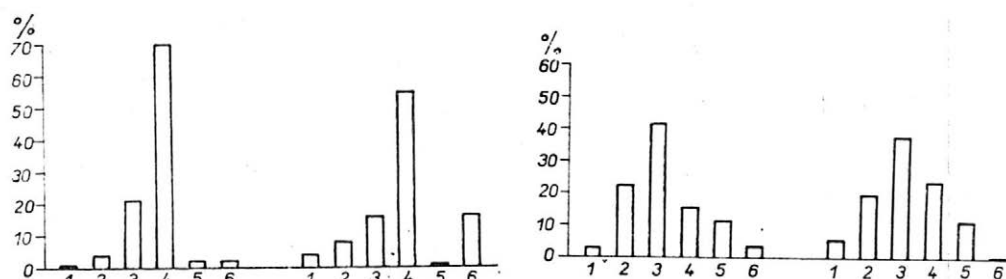
Při ranních nízkých teplotách jsme pozorovali u pracovníků vlivem prochlazení svalstva menší obratnost při práci, a tím i menší výkonnost. Naopak v poledních hodinách při poměrně vysokých teplotách nad 26°C ve stínu, dochází při práci na plném slunci k přehřívání organismu, jehož důsledkem je zvýšená zátěž pracovníků. Nízké teploty jsou v ranních hodinách ještě zhoršovány vesměs vysokou relativní vlhkostí, které překračuje optimální hodnoty pro pracoviště (Jokl 1972). Pokládáme-li za optimální teplotu pro pracovníce v lesní školce 18°C , odpovídá této teplotě optimální průměrná relativní vlhkosť 55 %. Jak je zřejmé z tabulky I, je tato vlhkosť vesměs překračována.

Zvýšená rychlost proudění vzduchu zhoršuje zvláště při nižších te-

II. Teplota vzduchu a tepová frekvence při školkařských pracích. — Temperature and pulse frequency at transplanting jobs

Jméno	Den vyšetření	Druh činnosti	Průměrná teplota vzduchu	Klidová t.f. min ⁻¹	Průměrná pracovní t.f. min ⁻¹	Průměrná t.f. min ⁻¹ během přestávky	Průměrná celosměnová t.f. min ⁻¹ (včetně přestávky)
ruční práce (školka Kamenice)							
A. F.	15. 4.	vyzvedávání a zakládání sazenic	4,2 °C	78	101 ± 10,8	—	—
A. F.	22. 4.	ruční proužková síje	7,9 °C	80	116 ± 10,6	—	—
A. F.	29. 4.	vyzvedávání a zakládání sazenic	14,1 °C	78	109 ± 14,3	—	—
A. F.	6. 5.	školkování do rámu	22,3 °C	77	113 ± 7,9	87 ± 4,8	111 ± 10,9
L. C.	13. 5.	školkování do rámu	22,7 °C	79	110 ± 9,1	104 ± 5,2	109 ± 8,5
L. C.	20. 5.	proužková síje strojem	9,7 °C	79	113 ± 11,04	91 ± 2,4	110 ± 12,5
B. R.	10. 9.	pletí	15,5 °C	75	107 ± 8,5	—	—
strojní práce (školka Brod)							
V. H.	17. 6.	školkování	18,8 °C	62	82 ± 6,6	—	—
K. R.	17. 6.	řízení traktoru	18,8 °C	81	100 ± 14,0	—	—

plotách pracovní podmínky. Tlak vzduchu v našich případech nemá výrazný vliv na pracovní výkonnost v lesních školkách. Nepříznivě by se v tomto směru mohl projevit do doby adaptace vliv nižšího tlaku vzduchu ve středohorských klimatických podmínkách s nadmořskou výškou od



1. Rozložení základních pracovních úkonů v % u dvou pracovníků (vlevo A. F., vpravo B. R.) v lesní školce při vyzvedávání a zakládání dvouletých borových sazenic dne 15. 4. Sloupce označují tyto pracovní úkony: 1 — chůze, 2 — podrytí, 3 — vyzvedávání, 4 — třídění a počítání, 5 — zakládání, 6 — ostatní činnost. Pracovní směna = 100 %. — Dislocation of basic working operations in % of two she-workers (A.F. on the left, B.R. on the right) in the Forest Nursery at the lifting and formation of two years old pine plants on April 15th.

2. Tytéž pracovní úkony u těchto pracovníků jako na obr. 1 při vyzvedávání a zakládání tříletých smrkových sazenic. — The same working operations of the same she-workers as in Fig. 1 at the lifting and formation of three years old spruce plants

400 do 1000 m. K jasným změnám v krevním obraze dochází ve výškách nad 800 m (Matoušek, Barcal 1967, Přibil, Matoušek 1973).

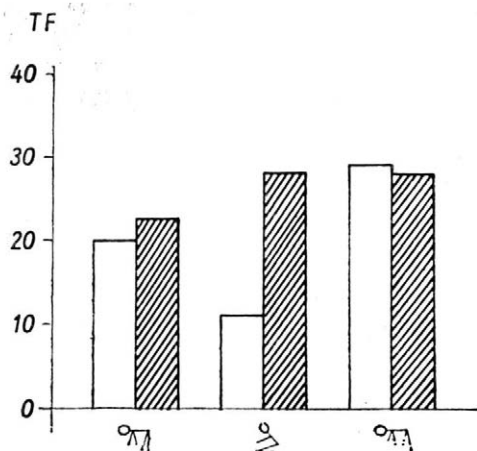
Poněvadž u jednotlivých pracovních operací je vliv klimatických podmínek součástí pracovního tepelného zatížení, vrátíme se ještě v dalších odstavcích k tomuto problému.

Jednotlivé sledované pracovní operace hlavních jarních prací, které dosud nebyly předmětem hlubšího ergonomického studia, jsou uvedeny v tabulce II. Při všech měřeních byly pořízeny časové snímky.

Vyzvedávání a zakládání dvouletých borových sazenic je uvedeno na grafu 1, z něhož je patrné, že největší objem práce je při třídění



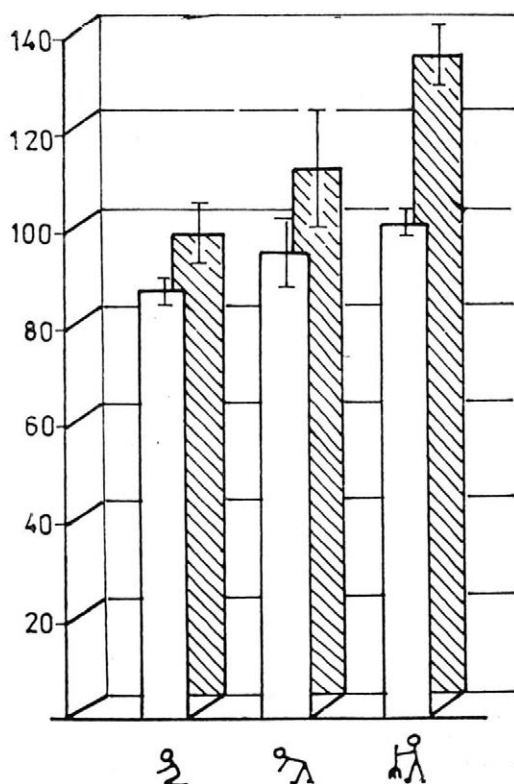
3. Třídění, počítání a svazkování borových dvouletých sazenic vkleče. V pozadí vyzvedávání sazenic. — Sorting, figuring and bundling of two years old plants on knees



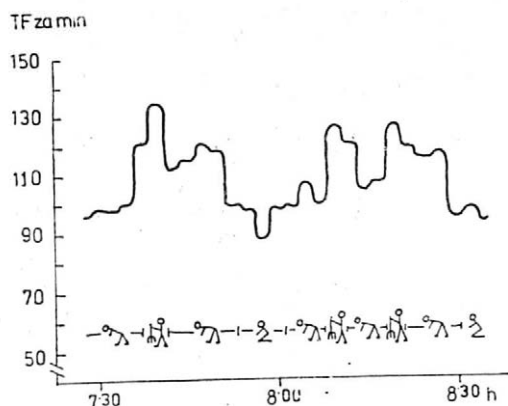
4. Průměrné přírůstky tepové frekvence (TF) při práci v různých polohách
Prázdné sloupce: Hodnoty TF zjištěné u pracovníce A.F. při třídění a počítání sazenic v různých polohách na místě (1. a 2. sloupec) a s pohybem vpřed při vyzvedávání podrytých sazenic (3. sloupec). Měření bylo konáno 15. 4. při teplotě $-1,6$ až $7,2^{\circ}\text{C}$. Šrafované sloupce: Hodnoty TF při stejných polohách v laboratorním experimentu, který provedl V o.s. — The average increments of pulse frequency (TF) at work in different positions

a počítání sazenic. Naopak při vyzvedávání a zakládání tříletých školkových silných smrkových sazenic (graf 2) vyžaduje největší objem práce vyzvedávání, které i zde bylo vykonáváno rýčem. Zatímco při práci s borovicí pracovníce převážnou část pracovní doby klečí (obr. 3) nebo posedává, ukazuje se při vyzvedávání smrku vyšší podíl dynamické práce při vyrývání sazenic. Tyto ruční práce jsou vesměs vykonávány v obtížných klimatických podmínkách a v nepříznivých fyziologických polohách, které

TF za min



5. Průměrné hodnoty TF u pracovníce A. F. při vyzvedávání a zakládání sazenic v různých polohách a při odlišných klimatických podmínkách. Prázdné sloupce: Vyšetření konáno 15. 4. při teplotě $-1,6$ až $7,2^{\circ}\text{C}$. Šrafované sloupce: vyšetření 29. 4. při teplotě $11,2$ až $15,2^{\circ}\text{C}$. — The average TF values of A. F. at the lifting and formation of plants in different positions and different climatic conditions



6. Průběh TF u pracovnice A. F. dne 29. 4. při vyzvedávání a zakládání sazenic. — TF course of A. F. at the lifting and formation of plants on April 29th.

ovlivnily srdečně cévní soustavu, jak ukazují změny tepové frekvence na grafu 4. Namáhavost práce se smrkovými sazenicemi je podstatně větší; zatímco průměrná TF u smrku je 11 tepů min⁻¹, u borovice byla naměřena průměrná TF 97 tepů min⁻¹. Hodnotíme-li výchozí TF 78 tepů min⁻¹ jako 100 %, při práci s borovicí jsme pozorovali zvýšení o 24 % a při práci se smrkem o 42 %.

Vliv teploty vzduchu na zatížení pracovníce při vyzvedávání a zakládání sazenic ve dvou dnech je výrazný z grafu na obr. 5. Nejmenší zvýšení vlivem teploty se projevilo při práci vleče, kde vzestup činí pouze 8 %, zatímco v předklonu činí vzestup 13 %. Největší zvýšení se ukazuje při podrývání, tj. při převážně dynamické práci. Při téže pracovní intenzitě se podílela zvýšená teplota vzduchu na vzestupu průměrné TF o 28 %.

Vliv pracovních poloh na hodnoty TF při vyzvedávání a zakládání sazenic borovice je patrný z grafu na obr. 6. Charakteristické minimum je při práci vkleče, maximum při podrývání.

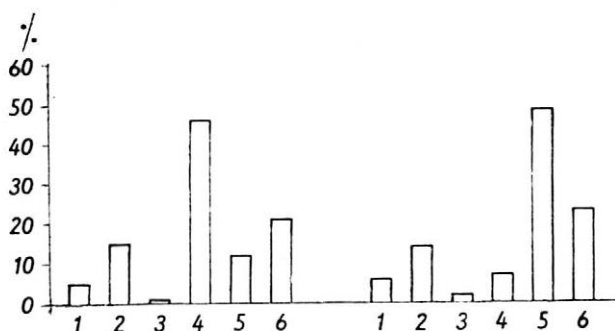
Další důležitou jarní prací v lesních školkách je školkování semenáčků. Určitým zlepšením této práce je školkování do rámců (obr. 7). Z grafu 8 je zřejmý rozdíl v rozložení úkonů obou sledovaných pra-

covnic. Školování do rámu provádějí dvě ženy, z nichž u jedné převládá práce se sazečem, tudíž práce více dynamická. Druhá pracovnice, která ukládá semenáčky do půdy, je většinou v podřepu a je tedy zatížena izometrickou kontrakcí převážně dolních končetin a zádového svalstva. Jde o statické zatížení, jehož vliv na hodnoty tepové frekvence je patrný z grafu



7. Šolkování semenáčků do rámu. —
Transplanting of seedlings into board

na obr. 9. Na přírůstcích TF se projevil i vliv poledních teplot vzduchu. Dne 13. 5. 1969 ve 13,00 h dosáhla tato teplota ve stínu 29,3 °C. Průměrná TF činila u sledované pracovníce $109 \pm 8,5$ tepu min^{-1} (tabulka II). U této

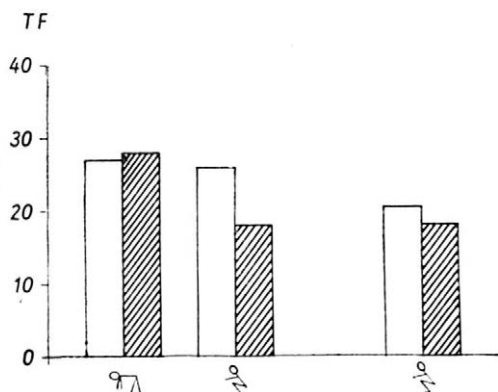


8. Rozložení základních pracovních úkonů v % u dvou pracovníků (vlevo A. F., vpravo L. C.) v lesní školce dne 6. 5. při školkování do rámu dvouleté douglasky. Sloupce označují tyto pracovní úkony: 1 — chůze, 2 — podrytí a vyzvedávání, 3 — pokládání rámu, 4 — práce sazečem, 5 — ukládání semenáčků, 6 — ostatní činnost. Pracovní směna = 100 %. — Dislocation of basic working operations in % of two she-workers (A. F. on the left, L. C. on the right) in the Forest Nursery at the transplanting of two years old Douglas fir into board

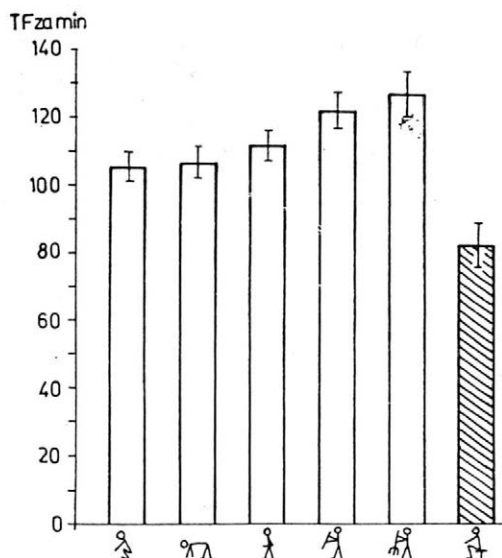
pracovnice jsme pozorovali přehřátí organismu při vysokých teplotách vzduchu. Projevilo se to během přestávky změněnou vysokou hodnotou TF, která byla v průměru $104 \pm 5,2$ tepu min^{-1} .

Vliv pracovních poloh na průměrné hodnoty TF při školkování do rámu a při práci v sedě na školkovacím stroji je patrný z grafu na obr. 10. Minimum je při práci vsedě, maximum při dynamické práci vstoje při podrývání.

Školkování školkovacím strojem (obr. 11–13) se příznivě projevilo v hodnotách tepové frekvence, jak je patrné z tabulky II. TF pracovníce na školkovacím stroji je v průměru o 36 % nižší, než průměrná TF pracovníce při školkování do rámu.



9. Prázdné sloupce: Průměrné přírůstky TF u pracovníce L. C. při vyzvedávání sazenic a školkování do rámu v různých polohách s pohybem vpřed (1. a 2. sloupec) a u pracovníce B. R. při pletí s pohybem vpřed (3. sloupec). Měření u pracovníce L. C. bylo konáno 13. 5. při teplotě 11,3 až 29,3 °C, u pracovníce B. R. 10. 9. při teplotě 15,0 až 17 °C. Šrafované sloupce: Tytéž polohy v laboratorním experimentu, který uskutečnil V o s. — Empty columns: The average TF increments of L. C. at the lifting of plants and the transplanting into board in different positions with move forwards (1st and 2nd columns) and of B. R. at the weeding with move forwards (3rd column). Measurements of L. C. were carried out on May 13th, at the temperature 11.3–29.3 °C, measurements of B. R. on September 10th, at the temperature 15.0–17.0 °C



10. Prázdné sloupce: Průměrné hodnoty TF u pracovnice L. C. v různých polohách při školkování do rámu: 3. sloupec — chůze, 4. sloupec — chůze s břemenem a 5. sloupec — podrývání. Vyšetření bylo konáno 13. 5. při teplotě 11,3 až 29,3 °C. Šrafovaný sloupec: Průměrná TF pracovnice V. H. při práci na školkovacím stroji. Vyšetření konáno 17. 6. při teplotě 18,2 až 19,3 °C. — Empty columns: The average TF values of L. C. in different positions at the transplanting into board. A dashed column: The average TF of V. H. at work on the transplanting machine

11. Strojní školkování semenáčků malotraktorem RS-09. — Machine transplanting of seedlings by small tractor RS-09



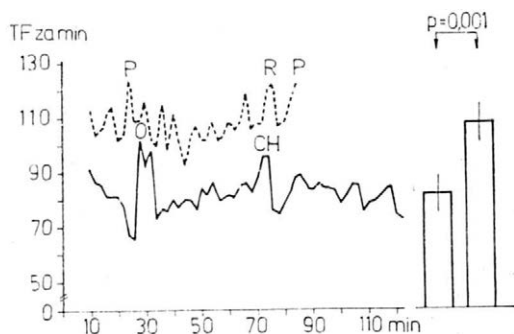
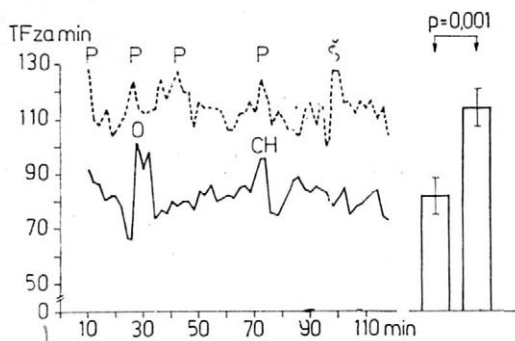
12. Pracovní místo sedmi žen na školkovacím stroji typu Pf 1-7F. — Working place for 7 women on transplanting machine type Pf 1-7F

Porovnání průběhu TF při školkování do rámu a při práci na školkovacím stroji je patrné z grafu na obr. 14 a 15. U vybraných časových úseků jsou na grafech zřetelné maximální a minimální hodnoty TF některých pracovních úkonů. Sloupce ukazují vysoce statisticky významně nižší průměrné hodnoty TF při práci na stroji ve srovnání s ruční prací.



13. Plachta na školkovacím stroji chrání ženy před slunečními paprsky. — Canvas shelter protects women on a transplanting machine from sun rays

14. Plná křivka: Průběh TF u pracovnice V. H. při práci na školkovacím stroji 0 — pomoc při obracení stroje na úzké souvrati, CH — chůze na souvrati. Přerušovaná křivka: Průběh TF vybraného časového úseku u pracovnice A. F. při školkování do rámu s převahou práce se sazečem. P — přenášení rámu, Š — školkování semenáček po předcházejícím rytí. Sloupce označují průměrnou TF obou pracovnic se směrodatnou odchylkou (σ). 1. sloupec — strojní práce, 2. sloupec — ruční práce, p — hladina významnosti. — A full curve: TF course of V. H. at work on the transplanting machine. An interrupted curve: TF course of the selected time segment of A. F. at the transplanting into board with prevailing work with a spade. Columns indicate the average TF of both women with standard deviation σ



15. Plná čára je totožná s údaji, které označuje na obr. 14. Přerušovaná čára: Pracovnice L. C. převážně při školkování do rámu, R — rytí. — A full line is identical with the data that are indicated in Fig. 14. An interrupted curve: L. C. worker at the transplanting into board, R — digging

Jednou z nejtěžších je práce s kompostem, která v malých školkách je těžko mechanizovatelná. Při našem měření jsme sledovali pracovníci při prohazování kompostu (obr. 16), který byl použit při zasypávání sítě. Z grafu na obr. 17 je patrna nejvyšší naměřená průměrná hodnota TF při prohazování kompostu, která činila $145 \pm 11,0$ tepů min^{-1} . Na této hodnotě se podílela vedle fyzického zatížení také vysoká denní teplota.



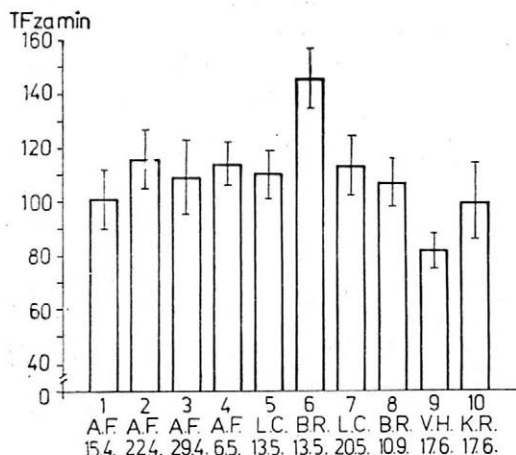
16. Ruční prosévání kompostu. — Hand screening of compost

kteřá po 10,00 h vystoupila nad $26,2^\circ\text{C}$ ve stínu. Porovnáme-li pracovní hodnoty TF sledované pracovníce s jinými profesemi s pracovní tepelnou zátěží (např. valčíři a pracovníky u pecí), zjišťujeme, že průměrná TF při prohazování kompostu je podstatně vyšší. U valčířů dosáhla nejvyšší průměrná pracovní TF 127 tepů min^{-1} , u pracovníků při manipulaci s ingoty 129 tepů min^{-1} . U pracovníků v lesních školkách jsme nezachytili ztráty tekutin, poněvadž cílem našeho šetření nebylo sledování vlivu klimatických podmínek na pracovníce. Proto zde nemůžeme srovnávat ztráty potu mezi oběma profesemi. Vzhledem k fyzickému zatížení při práci s kompostem v lesních školkách je snaha některých polesných nepracovat s dobrými komposty ke škodě jakosti půdy. Rozvoz kompostu na záhony se prováděl ve školce Kamenice malotraktorem (obr. 18), což částečně usnadnilo fyzickou práci žen zaměstnaných v této školce.

Úprava záhonu lopatou v předklonu s prohazováním ukázala průměrnou TF $125 \pm 7,9$ tepu min^{-1} , úprava záhonu hráběmi $111 \pm 3,7$ tepu min^{-1} . Tyto pracovní úkony byly měřeny u A. F. dne 22. 4. Při vyměřování záhonu, tj. napínání drátu, zatloukání kůlů atd., jsme zjistili průměrnou TF $109 \pm 6,5$. Při úpravě pěšin lopatou s vyhazováním hlíny byla průměrná TF $123 \pm 8,5$. Práce byla sledována u L. C. dne 20. 5. Pracovníce A. F. společně s L. C. tahaly značkovač; u první pracovníce jsme naměřili v průměru $117 \pm 8,5$ tepů min^{-1} .

Při ruční síji v předklonu s přenášením nádoby s lesním semenem jsme naměřili v průměru $112 \pm 5,1$ tepu min^{-1} , zatímco při síji Vančurovým secím strojem (obr. 19) $120 \pm 7,9$ tepu min^{-1} . Měření bylo provedeno u L. C. dne 20. 5.

Při zasypávání semen kompostem (obr. 20), které pracovníce provádí



17. Průměrné hodnoty TF při různých pracovních operacích v lesní školce. Nejvyšší průměrná hodnota TF je při ručním prohazování kompostu při teplotě 29,1 °C ve stínu. Nejnižší při práci na školkovacím stroji. K jednotlivým sloupcům jsou uvedeny vykonávané pracovní operace podle tabulky II. — The average TF values at different working operations in the Forest Nursery. The highest TF value occurs at the hand screening of compost at the temperature of 29.1 °C in shadow. The lowest TF value is at work on the transplanting machine. There are appurtenant working operations to individual columns according to table II

18. Malotraktor T-4 K 10-A pro dopravu materiálu. A small tractor T-4 K 10-A for material transportation



19. Sije Vančurovým secím strojem. — Sowing with help of Vančura's sowing machine

20. Ruční zasypávání vysetého semene kompostem v nefyziologické poloze. — The hand filling up of seed by compost in bad physiological position

v předklonu a občas popojíždí s kolečkem naloženým kompostem, byla zjištěna vyšší průměrná hodnota TF ($128 \pm 4,1$). Po zasypání vysetého semene byl záhon lehce uhrabán (obr. 21) a při této práci jsme naměřili průměrnou TF $112 \pm 5,4$ u pracovnice L. C. dne 20.5 Při uválení semene

ručním válcem (obr. 21) jsme pozorovali dne 22. 4. u A. F. průměrnou TF $116 \pm 9,2$ a dne 20. 5. u L. C. $113 \pm 3,1$ tepů min^{-1} .

Při měření následné práce zastínění záhonu vertexem konané v předklonu jsme zjistili opět vyšší hodnotu průměrné TF ($124 \pm 4,9$). Různá smíšená činnost při síji ve školce dosahovala dne 20. 5. u L. C. průměrně



21. Zahrabávání zasypaného semene. V pozadí pracovník měří tepovou frekvenci. — Covering up of filled seed. Investigator measuring pulse frequency can be seen in the background

22. Uválení osetého záhonu ručním válcem. — Rolling of sown bed by the plant roller



23. Nefyziologická poloha pracovnice při pletí. — Bad physiological position at the weeding

$114 \pm 5,7$ tepů min^{-1} . Nakládání země lopatou na kolečko znamenalo opět zvýšení průměrné TF na $123 \pm 8,5$. Měření bylo konáno dne 22. 4. u pracovnice A. F.

Při klidném stání a sezení, popř. krátké chůzi bez břemene jsme naměřili dne 22. 4. u A. F. průměrnou TF $100 \pm 13,9$, stejně tak dne 20. 5. u L. C. $99 \pm 4,5$. Jak je patrné z tabulky II byla zjištěna dne 13. 5. u pra-

covnice L. C. během přestávky průměrná TF $104 \pm 5,2$, což bylo způsobeno přehřátím organismu při předcházejícím značném tepelném zatížení několikahodinovou prací na slunci.

Ruční pletí (obr. 23) je vesměs konáno v různých polohách podle klimatických podmínek, stupně zaplevelení a věku semenáčků nebo sazenic. Při pletí tříletých smrkových sazenic za chladu a vlhka v podřepu jsme naměřili průměrnou TF $107 \pm 8,5$. Průměrný přírůstek TF (21 tepů min^{-1}) nad výchozí hodnotu je zřejmý z grafu na obr. 9.

Shora uvedené průměrné hodnoty TF při dílčích úkonech jsou v celosměnovém průměru jednotlivých pracovních operací uvedeny v tabulce II. Při použití metody podle Andersena průměrné zatížení během sledovaných ručních prací dosahovalo 40 % pracovní kapacity. Nejvyšší zjištěná hodnota byla při ruční proužkové síji (46 %) a nejnižší při vyzvedávání a zakládání sazenic (31 %). Také tato nejnižší hodnota pracovní kapacity překračuje hodnotu 25 % zatížení, která je považována za optimální (Bürger, Přibyl 1974). U pracovníce při práci na školkovacím stroji průměrné zatížení dosáhlo 12 % pracovní kapacity. Odpovídá to pozorování Andersena (1966), který ve své práci uvádí, že sedavé zaměstnání spotřebuje pouze 10–15 % celkové kapacity.

Při sledování jednotlivých pracovníků jsme nezjistili výrazné změny krevního tlaku v průběhu práce ve srovnání s hodnotami na začátku pracovní směny.

Při vyšetření zdatnosti jsme naměřili LPI u pracovníce A. F. 3,8, u B. R. 5,3 a u L. C. 5,5. LPI 3,8 svědčí o dobré výkonnosti, zbývající dvě hodnoty o slabší výkonnosti.

DISKUSE

Naši práci jsme chtěli vyvrátit všeobecně převažující chybný názor jak v odborných lékařských a lesnických, tak i v laických kruzích o zdravé, lehké a příjemné práci v pěstební činnosti. Všimli jsme si specifických vlastností práce v lesních škoklách, zvláště klimatických podmínek a pracovních poloh.

Z klimatických faktorů se uplatňuje hlavně teplota, relativní vlhkost, popř. i proudění vzduchu. Poněvadž jarní práce se musí vykonávat takřka za každých klimatických podmínek, abychom zbytečně nezkracovali vegetační období pěstovaných sazenic, jsou pracovníce vystaveny extrémním tepelným podmínkám, jak je patrné z výsledků našeho měření. Při lehké práci má být optimální teplota $18\text{--}22^\circ\text{C}$, při středně těžké tělesné práci $16\text{--}18^\circ\text{C}$ a při těžké tělesné práci $12\text{--}16^\circ\text{C}$ (Jehon a kol 1973). I když jsme si vědomi, že kromě klimatických vlivů je tepová frekvence ovlivněna dalšími faktory, jako např. statickou zátěží, emocemi, intenzitou práce atd., pro informaci uvádíme mezní hodnoty tepové frekvence: při lehké práci $60\text{--}100 \text{ tepů min}^{-1}$, středně těžké práci $101\text{--}125$, těžké práci $126\text{--}150$ a při velmi těžké práci nad $151 \text{ tepů min}^{-1}$. Tepová frekvence nad $117 \text{ tepů min}^{-1}$ je považována za nadprůměrně vysokou (Brouha 1960). Průměrné hodnoty TF pro krátkodobé i dlouhodobé zatížení jsou uvedeny v návrhu k posuzování pracovní zátěže osob při převážně dynamické práci [17].

Nízké teploty v časném jaru ovlivňují hlavně vyzvedávání a třídění sazenic, při kterém pracovníce posedávají nebo klečí na vlhké zemi. Pro

zdravé pracovnice je zde nebezpečí prochlazení. Převážně statická zátěž toto nebezpečí ještě zvyšuje. Nízké teploty snižují pracovní výkonnost tím, že při prochlazení „tuhnou“ končetiny a zvláště prsty. Mimo to prochlazení svalstva nepříznivě ovlivňuje jeho zotavování. Přechodné dílčí zlepšení by přinesly polštáře s izolací spodní části proti vlhku, jak jsme ojedinele našli v některých lesních školkách. Výhledově zlepšení zde mohou dát jen klimatizované manipulační prostory ve vybavených velkoškolkách. Práce je zvláště nevhodná pro všechny osoby, které se musí chránit prochlazením, jako např. nemocní s revmatickým kloubním onemocněním, po srdečních onemocněních, s vleklými plicními chorobami atd.

Vliv různých teplot na tepovou frekvenci u pracovnice A. F. ukazuje graf na obr. 5. Vyšší podíl dynamické práce se při vyšších teplotách výrazněji projevil urychlením tepové frekvence než při statické zátěži. Při práci ve vysokých teplotách, kdy dochází k přehřívání organismu a akumulaci tepla v těle, jak jsme konkrétně zjistili dne 13. 5. u pracovnice L. C. při školkování do rámu tabulka II), je nebezpečí tepelného úžehu. Častější poruchy termoregulace jsou u pracovníků, kteří se méně potí, poněvadž se dostatečně nezbavují tepla potem a snadno u nich dochází k přehřátí organismu. Každý lesník by měl být seznámen s první pomocí při úžehu. Přímoou ochranou před úžehem jsou stříšky používané na školkovacím stroji (obr. 13). V nemechanizovaných školkách by pomohl slunečník, který by také zabránil vysušení kořenových vlásečnic semenáčků i sazenic, a tím by se zlepšila jejich ujímavost. Dalším nepříznivým důsledkem vysokých teplot u pracovnic je rychlejší vznik únavy, a tím oslabení pozornosti. Mechanizované práce ve velkoškolce všechny tyto nepříznivé složky z větší části odstraní.

Vlivu vlhkosti vzduchu jsou vystaveny pracovnice hlavně při jarním vyzvedávání a třídění sazenic převážně v ranních hodinách asi do 10,00 h a pak při pletí, které je konáno těsně po deštích, kdy se v navlhle půdě lépe pracuje. Protože tato práce se provádí v pokleku nebo v sedě, dostává se pracovník do přímého styku s provlhčenou půdou, a tím se všemi nepříznivými důsledky provlnutí. Při této příležitosti je třeba zdůraznit, že boj proti chladu je převážně bojem proti vlhkosti. Zlepšení při pletí přinášejí různé plecí vozíky (C o x 1974, S t o l a ř í k, P e k á r e k 1953). a plecí lávka podle P o l a n s k é h o. Optimální relativní vlhkost je v jarních a podzimních měsících při teplotě kolem 20 °C v rozsahu 34 až 70 % a při teplotě kolem 17 °C v rozsahu 42 až 80 % (J o k l 1972). Naměřená relativní vlhkost byla v ranních hodinách většinou vyšší, což ještě zhoršuje uvedené zdravotnické kontraindikace pro nízké teploty. V souvislosti s vyšší relativní vlhkostí také při nižších teplotách vzduchu vzrůstá i při práci ve stínu nebezpečí tepelného úpalu. Tato problematika se týká i ostatních prací v lesním hospodářství.

Nemechanizovaná práce v lesních školkách nutí pracovníky přiblížit se půdě a sazenici a pracovat v nefyziologických a tudíž namáhavějších polohách. Převládající statická zátěž s izometrickou kontrakcí svalstva se více projevuje ve změnách tepové frekvence než ve spotřebě kyslíku. Proto při měření jednotlivých prací v lesních školkách konaných např. v podřepu, vkleče nebo v předklonu jsme použili celosměnového kontinuálního sledování tepové frekvence se záznamem pracovních poloh. Naměřený nízký energetický výdej při uvedených polohách je dostatečně známý z literatury. Podle Lehmanova měření (B e n a a kol. 1966) je

energetický výdej při práci oběma rukami vsedě 0,9–1,2, v podřepu 1,1 až 1,4, ve stoje 1,2–1,5, v předklonu 1,4–1,7 kcal min⁻¹. Hodnoty vsedě byly při terénním měření pletí ve školce nepřímou kalorimetrií pozorovány také jedním z autorů (Zelený a kol. 1959). Na základě těchto měření byly práce zařazeny do nižších mzdových tříd. Přes nízký energetický výdej se dostavuje u pracovnice velmi brzy místní a později i celková únava. Pro větší zatížení pracovnic, než by odpovídalo naměřenému energetickému výdeji, svědčí také námi naměřené vyšší hodnoty tepové frekvence.

Změny tepové frekvence vlivem různé pracovní polohy jsou patrné z grafů č. 4, 5, 6, 9 a 10. V posledních letech se zabývali vlivem pracovních poloh TF Rogowsky a kol. (1920) a Vos (1973). Podobně jako Rogowsky jsme naměřili poněkud nižší hodnoty TF při práci v podřepu při srovnání s prací v předklonu (obr. 9 a 10). Porovnáme-li výsledky našeho měření s výsledky Vosova je patrný výrazný rozdíl. Zatímco při našem měření jsme vesměs pozorovali relativně nízké hodnoty TF při práci vkleče (graf 4) a poměrně vysoké hodnoty při práci v podřepu (graf 9), nezjistili jsme při srovnání s výsledky Vosova podstatný rozdíl při práci v předklonu. Vos ve své práci uvádí, že „při sedu v podřepu je tělo takřka kompletně vybalancováno bez nutnosti ruční opory. Je-li použito při práci obou rukou je sed v podřepu výhodnější než poloha v předklonu a vkleče“. V grafu na obr. 9 jsou uvedeny přírůstky TF u našeho i Vosova souboru při práci v předklonu a v podřepu. Rozdíl přírůstku TF mezi naším a Vosovým měřením při práci v podřepu (třetí a čtvrtý sloupec grafu 9) činí 8 tepů min⁻¹. Nízké hodnoty Vosova měření vysvětlujeme jeho krátkodobým 15minutovým měřením, zatímco naše měření jsou celosměnová. V lesním hospodářství Hillem (1957) doporučená poloha při ruční těžbě dřeva na základě jeho měření byla poloha vkleče. Naše výsledky měření jsou v soulase s jeho výsledky, jak je patrné z třetího sloupce grafu 4. Přírůstek TF při práci vkleče je nejmenší z námi naměřených přírůstků v různých polohách. Výrazné snížení TF při práci vkleče je zvlášť dobře patrné z kontinuálního měření TF na grafu 6. Z grafu 10, na kterém v posledním sloupci je uvedena průměrná TF pracovnice na školkovacím stroji, je patrné, že jen plná mechanizace přinese výrazné ulehčení, jak již uváděl ve své práci Loon, Bol (1964).

ZÁVĚR

Naše práce ukázala vliv nepříznivých klimatických podmínek (Jokl 1972) a nevhodných pracovních poloh na pracovnice v lesních školkách při ruční práci. Tyto nepříznivé faktory se plně odrážejí jak v produktivitě práce, tak i ve zdravotním stavu pracovnic. Naše měření ukázalo, že výkonnost při školkování do rámu, kterou bylo nutno považovat za popokrokový způsob, byla několikanásobně nižší při větší fyzické námaze než školkování strojem. Ze zdravotnického hlediska jsme pozorovali v průběhu a zvláště na konci směny některé závažné fyziologické změny, jako např. poměrně vysokou tepovou frekvenci, která výrazně překračovala hodnoty očekávané na základě spotřeby kyslíku. U žen středního a vyššího věku jsme vesměs pozorovali při práci v nepřírodných polohách brzkou ztuhlost kloubů dolních končetin bez závislosti na teplotě vzduchu. Pokud

jde o stanovení oddechových časů na základě zjištění tepové frekvence, lze použít Hubačova nomogramu (Bena a kol. 1966).

Dílčí mechanizace jednotlivých pracovních operací je staršího data. Nejtěžší práce, jako je příprava půdy rytím, byla ve větších školkách postupně nahrazena orbou koňmi, později traktory. Ruční rytí vyžadovalo podle kvality půdy od 3,7 do 8,7 kcal min⁻¹ v jílu. Mechanizovaná orba si vyžádala jen 0,43 % ručního rytí. Je zajímavé, že ani orba ve školce nebyla rychle zavedena, protože v původních malých školkách a semeništech nebylo ani možno s koněm orat. Teprve první stupeň koncentrace lesních školek před druhou světovou válkou pomohl odstranit nejtěžší práci tj. rytí. Naše měření školkování semenáčků ručně a strojově ukazuje obdobně vysokou úsporu živé lidské práce. Podrobný propočet energetického výdeje na 1000 sazenic ukazuje během našeho měření při školkování do rámu, že si vyžádá 1745 kcal, zatímco školkovacím strojem s vytříděným sadbovým materiálem si vyžádá jenom 79 kcal. Mechanizovaná práce proto přináší při tomto pracovním postupu úsporu 95,8 % živé práce.

Mechanizace i ostatních pracovních úkonů, které jsme proměřili, je dnes již s vyvinutými adaptéry u malotraktorů možná. Předpokládá to koncentraci do velkoplošek o výměře 20–50 ha. Touto koncentrací bylo dosaženo v NDR podstatné snížení pracovníků na 1 ha školky, kde i při pěstování náročných listnáčů bylo možno snížit počet pracovníků na 0,5 pracovníka na 1 ha např. v Saalfeldu (Stolařík 1966). Jen velkoškolkařský provoz s plnou mechanizací všech školkařských prací podstatně sníží nepříznivé klimatické vlivy na pracovníce v lesních školkách.

Pracovníky na stroji lze chránit stříškami proti slunci a uložením strojního agregátu mezi pracovníka a pracovní předmět, což ho chrání před stykem s vlhkou půdou. Současně pracovníka chárni při dodržení ergonomických zásad před nepříznivou pracovní polohou. Výrazné zvýšení produktivity práce, jak je výše uvedeno, uhradí výdaje spojené s investicemi výstavby velkošcolek, kde při výrobě sazenic lze uplatnit nejnovější poznatky vědy počínaje genetikou a konče zvýšením ujmavosti sazenic zajištěním kořenového vlášení. U prací, které je možno přenést mimo prostor školky do manipulační místnosti, by mělo být zajištěno zlepšení a zaujetí zdravější pracovní polohy. Teplotu a vlhkost v těchto místnostech bude nutno přizpůsobit člověku a případ od případu i zpracovávanému materiálu. Vzhledem k literárním údajům i našemu vlastnímu pozorování je třeba v zájmu dělníka vykonávat většinu práce vsedě s vhodně ergonomicky vyřešenou sedačkou.

SOUHRN

V jarních měsících jsme provedli ergonomické šetření u pracovníků v lesní školce při ručních pracích a kontrolně jsme vyšetřili pracovníce při strojním školkování. Vedle vyšetření tepové frekvence, krevního tlaku a posouzení energetického výdeje jsme sledovali klimatické podmínky vedli jsme časové snímky metodou okamžikového pozorování.

Průměrné celosměrné hodnoty pracovní tepové frekvence se pohybovaly při ručních pracích mezi 101 a 116 tepů min⁻¹ v závislosti na druhu práce, pracovní poloze a klimatických vlivech. U pracovníce na školkovacím stroji byla průměrná pracovní tepová frekvence 82 tepů min⁻¹. U této pracovníce dosáhlo pracovní zatížení jen 12 % pracovní kapacity

podle Andersena, u ručních prací dosahovalo v průměru 40 % pracovní kapacity. Za optimální pracovní kapacitu se považuje 25 %.

Vysoké zatížení žen v malých lesních školkách při dnes převažující ruční práci je ovlivněno nefyziologickými pracovními polohami s převahou statické zátěže a velmi často nepříznivými klimatickými podmínkami. Odstranění těchto nepříznivých činitelů vidíme při dnešním stavu techniky a organizace jediné ve vhodné koncentraci a mechanizaci školkařského provozu. Kromě technických a organizačních opatření musí zde hlavně pomoci nejmodernější poznatky ergonomie s ohledem na zdravé a člověku příznivé pracovní prostředí.

Došlo dne 16. 4. 1975

Literatura

1. ANDERSEN, K. L.: Work capacity of selected populations. In: Baker, P. T., Weiner, I. S.: The Biology of Human Adaptability. Oxford, Clarendon Press 1966
2. BENA, E. a kol.: Fyziológia práce. Bratislava, Práca 1966, 209 s.
3. BROUHA, L.: Physiology in Industry. London, Pergamon Press 1960, 145 s.
4. BÜRGER, F. — PŘIBYL, J.: Hodnocení pracovního zatížení v některých provozech živočišné výroby pomocí telemetrického přenosu tepové frekvence. Pracov. Lék., 26, 1974, 6, s. 215-219
5. COX, H. A. — COX, M. A.: Forestry nursery. Wood, 12, 1947, č. 4, s. 98-102
6. DURNIN, J. V. G. A. — PASSMORE, R.: Energy, Work and Leisure. Books LTD, London 1967
7. FRITSCH, R.: Kompletierung des Maschinensystemes RS 09 für Forstbauschulen. Wissenschaftliche Zeitschrift der TU Dresden, 13, 1964, č. 2
8. HETTINGER, T.: Vyšetrovacie metódy vo fyziológii práce. Bratislava, Práca 1966, 91 s.
9. HILF, H. H.: Arbeitswissenschaft. 1957, München
10. JETHON, Z. — KRASUCKI, P. — ROHOZIŃSKI, A.: Normy fizjologiczno-higieniczne w medycynie przemysłowej. Państwowy zakład wydawnictw lekarskich, Warszawa 1973, 176 s.
11. JOKL, M.: Mikroklima. Praha, IHE 1972, 116 s.
12. KOHLOVÁ, J. — MATOUŠEK, O.: Metody rozboru pracovní činnosti a měření zátěže při práci. Psychologie v ekonomické praxi, 1967, 1, s. 1-7
13. LEHMANN, G.: Praktische Arbeitsphysiologie. Stuttgart, Georg Thieme Verlag 1962, 409 s.
14. LOON van, I. — BOL, H. M.: Physiological studies on planting Pines. Ned. Bosb. Tijd schr. 36, 1964, 2, s. 59-65
15. MATOUŠEK, J. — BARCAL, R.: Základy humánní bioklimatologie Praha, Čs. bioklimatologická společnost při AV 1967, 313 s.
16. MIKISKA, A. — HYŠKA, P.: Radiotelemetrie bioelektrických potenciálů ve fyziologii práce. Pracov. Lék., 19, 1967, 5, s. 211-223
17. Návrh metodického opatření k posuzování pracovní zátěže osob při převážně dynamické práci. IHE, Praha 1974, příloha č. 2, tab. č. 1
18. OPPL, L. — JOKL, M.: Metodika měření mikroklimatických podmínek pro hygienickou službu. Praha, SZN 1959, 83 s.
19. PŘIBYL, M. — MATOUŠEK, J.: Vliv pohybové aktivity ve střední nadmořské výšce na adaptabilitu organismu. Problémy modernej bioklimatologie, Bratislava 1973, s. 59-68
20. ROGOWSKY, M. — DEGRE, S. — MESSIN, R. — VANDERMOTEN, P. — DENOLIN, H.: Influence des changements rapides de position sur les variations de fréquence cardiaque. Int. Z. angew. Physiol. 1970, č. 28, s. 162-172
21. RUTENFRANZ, J.: Možnosti a hranice funkčních zkoušek srdce a oběhu v dětském věku. Čs. Hyg., 11, 1966, 4, s. 243-255
22. SPITZER, H. — HETTINGER, Th.: Tafeln für den Kalorienumsatz bei körperlicher Arbeit. Darmstadt, REFA E. V. 1959, 89 s.
23. Státní oblastní archiv, Plzeň/Klatovy, fond vs Chotěšov, kart. 562 až 566

24. STOLARÍK, R.: Co si můžeme při zavádění nových technologií v lesním hospodářství ověřit historickým průzkumem. Soubor referátů a diskusních příspěvků z celostátní konference na téma Hospodářské způsoby vysokokmenného lesa, Praha, SZN 1971, s. 180-192
25. STOLARÍK, R.: Historický průzkum pro oblast Lesního závodu Červené Poříčí. Plzeň 1970, ÚHUL v Brandýse nad Labem
26. STOLARÍK, R.: Cestovní zpráva z cest za novými technologiemi v NDR. Plzeň, ÚVSH 1966
27. STOLARÍK, R.: Koutová sadba z hlediska nové techniky i technologie v lesním provozu. Lesnický časopis, 1965, s. 801-805
28. STOLARÍK, R.: Koutová sadba. Studijní informace ÚVTI-MZLH, Praha 1963, č. 8, s. 397-444
29. STOLARÍK, R. — LINDAUR, V.: Zdravověda, hygiena a první pomoc v lesnictví. SZN 1963, Praha, 148 s.
30. STOLARÍK, R. — PEKÁREK, O.: Plecí vozík Stopek. Zlepšovací návrh MLDP, 1953
31. ŠTEDRÝ, J. — BAUER, J.: Metody studia výrobního procesu. Praha, Práce 1966, 213 s.
32. VOS, H. W.: Physical Workload in Different Body Postures, While Working Near to, or Below Ground Level. Ergonomics 16, 1973, č. 6, s. 817-828
33. ZELENÝ, A. — KOZÁK, J. — MENTBERGER, J. — STOLARÍK, R.: Další fyziologická studia namáhavosti práce lesních dělníků. Čs. Fyziol., 8, 1959, s. 262-263

Некоторые эргономические проблемы в лесных питомниках

В весенние месяцы были произведены эргономические обследования у работниц в лесном питомнике при выполнении работ вручную и в контрольном порядке были обследованы работницы при машинной обработке питомников. Наряду с исследованием частоты пульсов, давления крови и оценки расхода энергии изучались климатические условия и были произведены хронометражные снимки методом моментального наблюдения.

Средние значения частоты пульса во время работы за всю смену колебались при работах, выполнявшихся вручную, в пределах 101—116 пульсов в минуту в зависимости от вида работ, рабочего положения и климатических влияний. У работниц на питомниково-водоческой машине частота пульсов во время рабочей нагрузки в среднем за смену составляла 82 пульса в минуту. У этой работницы рабочая нагрузка достигла лишь 12 % трудового потенциала по Андерсену, у работ вручную она достигала в среднем 40 % трудового потенциала. Оптимальным трудовым потенциалом считается 25 %.

На высокую нагрузку женщин в лесных питомниках при преобладающем в настоящее время труде вручную влияют нефизиологические рабочие положения с преобладанием статической нагрузки и очень часто неблагоприятными климатическими условиями. Упразднение этих отрицательных факторов мы при нынешнем уровне техники и организации усматриваем только в соответствующей концентрации и механизации работ в питомниках. Кроме технических и организационных мероприятий здесь должны содействовать, главным образом, новейшие данные эргономии с учетом здоровой и для человека благоприятной рабочей среды.

Some Ergonomical Problems in the Forest Nurseries

In the Spring we made some ergonomic inquiries of she-workers at manual work in the Forest Nursery. At the same time we examined she-workers at machine transplanting. Besides the examination of pulse frequency, blood pressure and evaluation of energy input we followed climatic conditions and carried out time studies by Activity Sampling Technique.

The mean all-shift values of pulse frequency ranged from 101 to 116 pulses per minute at manual work in dependence on the type of work, working position and climatic influences. She-worker working on a transplanting machine had the average pulse frequency 82 pulses per minute. Work load of that woman reached only 12 % of working capacity after Andersen; at manual work it reached 40 % of working capacity on the average.

The high physical load of woman in the Forest Nurseries in which the manual work prevails is influenced by bad physiological working positions with prevailing static load and very often by unfavourable climatic conditions. When taking into

consideration the present state of technique and organization, these unfavourable factors can be removed only by suitable concentration and mechanisation of the Forest Nursery operations. Besides technical and organizational arrangements, it is mostly ergonomics with its modern knowledge which has to help to solve this problem with regard to healthy and lucky working environment.

Ergonomische Probleme bei der Handarbeit in den Baumschulen

In den Frühjahrsmonaten haben wir ergonomische Messungen bei den Arbeiterinnen in zwei Baumschulen bei deren Handarbeiten und kontrollhalber Arbeiterinnen bei der mechanischen Verschulung untersucht. Außer der Pulsfrequenz, dem Blutdrucke und der Beurteilung der energetischen Ausgabe haben wir die klimatischen Bedingungen verfolgt und Multimomentaufnahmen durchgeführt.

Die Durchschnittswerte der Arbeitspulsfrequenz pro Tagesschicht liegen bei den Handarbeiten zwischen 101 und 116 Pulse/min je nach Art der ausgeübten Tätigkeit, Arbeitsstellung und klimatischen Einflüssen. Bei der werktätigen Frau auf der Pflanzmaschine war die durchschnittliche Arbeitspulsfrequenz 82 Pulse/min. Bei dieser Arbeiterin erreichte die Arbeitsbelastung nur 12% ihrer Arbeitskapazität gemäß Andersen, wogegen bei den Handarbeiten wurde aber im Durchschnitt eine 40% Arbeitskapazität erreicht. Für eine optimale Arbeitskapazität halten wir einen Wert von 25%.

Die hohe Belastung der arbeitenden Frauen in den Baumschulen bei den heute noch überwiegenden Handarbeiten wird durch die unphysiologischen Arbeitsstellungen mit überwiegender statischen Belastung und mit häufig ungünstigen klimatischen Verhältnissen beeinflusst. Die Abschaffung dieser ungünstigen Faktoren sehen wir beim jetzigen Stand der Technik und Organisation in einer passenden Konzentration und Mechanisierung des Forstbaumschulbetriebes. Außer diesen technischen und organisatorischen Maßnahmen müssen hier hauptsächlich die neuesten Erkenntnisse der Ergonomie mit Rücksicht auf eine gesunde und für den Menschen günstige Arbeitsumwelt mithelfen.

Quelques problèmes ergonomiques dans les pépinières forestières

Aus cours des mois de printemps nous avons effectué, chez les ouvrières dans la pépinière forestière, une enquête, relative aux travaux manuels, et à titre témoin nous avons examiné les ouvrières occupées au repiquage mécanique. Outre l'enquête sur la fréquence des pouls, la pression sanguine et l'estimation de la dépense énergétique, nous avons également suivi les conditions climatiques et fait des prises de vues dans le temps en appliquant la méthode d'observation instantanée.

Les valeurs moyennes par poste de la fréquence du pouls pendant le travail variaient, en cas de travaux manuels, entre 101 et 116 pouls par minute, en fonction du genre de travail, de la position de travail et des influences climatiques. Chez les ouvrières qui opèrent avec les machines de repiquage la fréquence moyenne de travail du pouls était de 82 pouls par minute. Chez cette ouvrières la charge de travail n'atteignait que 12 p. 100 de capacité de travail selon Andersen, atteignant en moyenne 40 p. 100 de capacité de travail quand il s'agissait des travaux manuels. Comme capacité de travail optima on considère 25 p. 100.

La charge élevée des femmes dans les pépinières forestières, où le travail est pour la plupart manuel, est influencée par les positions non physiologiques pendant le travail, où prédomine la charge statique, et très souvent aussi par les conditions climatiques défavorables. L'élimination de ces facteurs défavorables n'est possible, à l'état de technique et d'organisation actuel, que si l'on procède à la concentration et la mécanisation convenables du service des pépinières. Outre les mesures techniques et d'organisation, ce sont surtout les notions les plus modernes en matière d'ergonomie qui doivent venir en aide pour assurer à l'homme le milieu de travail sain et favorable.

Adresa autorů:

Ing. Rudolf Stolařík a kol., Ústav pro hospodářskou úpravu lesů, pobočka Plzeň

Základné pracovné operácie ťažbovo-výrobného procesu sa v súčasnosti v celosvetovom merítku vykonávajú prevažne mechanizačnými prostriedkami s reznými nástrojmi vo forme reťazových alebo kotúčových píl. Z hľadiska teórie rezania sa jedná o trieskové rezanie dreva viacbritovými reznými nástrojmi. Pri strojoch a zariadeniach pracujúcich na tomto princípe sme zaznamenali v posledných rokoch značné technické zdokonalenie, no napriek tomu nesie so sebou trieskové rezanie dreva naďalej niektoré nedostatky, vyplývajúce z technickej nedokonalosti stroja a rezného nástroja (vibrácia, hlučnosť) a tiež zo samotného pracovného princípu (drevný odpad vo forme pilín). Zdokonaľovaním existujúcich a skúšaním nových spôsobov rezania dreva sa zaoberá celý rad odborníkov. Doterajšie výsledky ukazujú, že niektoré nedostatky tohoto spôsobu rezania môže odstrániť beztrieskové rezanie dreva. Vykonáva sa výskum delenia dreva Lasserovými lúčmi, energiou vody pod vysokým tlakom, nožovými a nožnicovými reznými nástrojmi a pod.

V lesníctve sa ukazuje ako perspektívne prerezávanie kmeňov nožovými a nožnicovými nástrojmi.

PROBLEMATIKA BEZTRIESKOVÉHO NOŽOVÉHO REZANIA DREVA

V našom lesnom hospodárstve sa tento spôsob rezania dreva používa zatiaľ iba skúšobne (napr. na PŘ SL České Budějovice, manipulačné sklady Strakonice a Protivín), uvažuje sa však s uplatnením rezných nástrojov na princípe hydraulických nožov a nožníc v ďalšej generácii strojov na ťažbu a manipuláciu dreva, a to do roku 1980.

Beztrieskové nožové prerezávanie dreva má v porovnaní s trieskovým rezaním tieto výhody:

- vysoká technická a prevádzková reznosť (keď napr. podávacia rýchlosť pri prerezávaní smrekového kmeňa motorovou pilou sa v závislosti od kruhovej plochy v mieste rezu pohybuje v rozpätí od 0,02 do 0,005 m . s⁻¹, pracovná rýchlosť noža pri prestrihávaní je 0,03–0,4 m . s⁻¹ a môže sa ďalej zvyšovať),
- nevzniká odpad vo forme pilín a zároveň odpadajú nutné náklady na ich odstraňovanie,

- nepatrná hlučnosť a bezprašnosť zlepšujú pracovné podmienky z hľadiska hygieny a fyziológie práce,
- konštrukcia a spôsob pohybu rezného nástroja zlepšujú bezpečnosť pri práci,
- jednoduchosť rezného nástroja znižuje náročnosť na technológiu jeho výroby a jeho cenu,
- údržba rezného nástroja (ostrenie) je minimálna (maximálne raz za mesiac), odpadá mazanie,
- výhodné technické podmienky pre automatizáciu.

V porovnaní s trieskovým rezaním možno považovať za nedostatok a omedzujúci faktor použitia beztrieskového nožového rezania kvalitatívne straty na dreve v mieste rezu, ktoré vznikajú stláčaním, ohýbaním a zlomením drevných vlákien reznou hranou a čelnými plochami rezného klina.

Rozsah poškodenia závisí najmä od hrúbky a geometrického tvaru, ale tiež od anatomickej stavby a fyzikálnych a mechanických vlastností dreva.

Za nevýhodu možno považovať tiež potrebu relatívne veľkej sily a energie na prekonanie merného rezného odporu dreva.

V zahraničí, najmä v Kanade, USA, ZSSR i v škandinávskych štátoch sa tejto problematike venuje veľká pozornosť. Poznáme celý rad jedno i viacúčelových strojov, ktoré využívajú tento pracovný princíp na stínanie stromov a na priečne delenie dreva.

V príspevku chceme informovať o niektorých výsledkoch výskumu uvedenej problematiky u nás. Chceme poukázať na základné vzťahy medzi tvarom rezného nástroja, druhom drevin, niektorými fyzikálnymi a mechanickými vlastnosťami dreva na jednej strane a veľkostí reznej sily, vznikom a rozsahom poškodenia dreva na strane druhej. Výsledky výskumu rozdeľujeme podľa spôsobu získania na výsledky laboratórnych skúšok prerezávania malorozmerných vzoriek a na výsledky prevádzkových skúšok prerezávania kmeňov do priemeru 30 cm.

STRUCNA METODIKA LABORATÓRNYCH SKÚŠOK

Cielom laboratórnych skúšok bolo zistiť veľkosť a priebeh rezných síl pri beztrieskovom nožovom prerezávaní vzorkov niektorých našich lesných drevín v zamrznutom a nezamrznutom stave, nožmi rôznej hrúbky h , s rôznym uhlom ostria β a rôznym geometrickým tvarom, a tiež študovať vznik poškodenia dreva.

VYMEDZENIE NIEKTORÝCH POUŽITÝCH POJMOV

Nakoľko sa v článku opakujú niektoré základné termíny, považujeme za potrebné ich definovať.

Pod pojmom **rezná sila** F rozumieme silu, ktorou pôsobí nástroj na drevo v mieste jeho delenia. Rovnakú veľkosť, ale opačný smer ako rezná sila má **rezný odpor**, čiže reakcia dreva proti nástroju.

Maximálna rezná sila F_{max} je hodnota reznej sily predsta-

vujúca vrcholový bod silovej krivky, t. j. najväčšia sila, ktorou musel rezný nástroj pôsobiť na drevo, aby prekonal najväčší odpor vzorky daného priečného prierezu.

Merná rezná sila F_{sp} je prepočítaná hodnota F_{max} na jednotku efektívnej dĺžky (1 cm) reznej hrany, t. j. časti reznej hrany noža, ktorá priamo pôsobí na drevo.

VÝBER SKÚŠOBNÉHO MATERIÁLU

Skúšobný materiál tvorilo: a) po 40 ks kmienkov buka smreka a jaseňa v hrúbkovom rozpätí od 15 do 70 mm, b) pravouhlé vzorky o rozmeroch 40×60×1000 mm, vyrezané z kmeňov smreka, borovice lesnej, buka, duba zimného, jaseňa štíhleho, javora horského, hraba a topola čierneho. Tieto sa vyrezali z okrajovej a stredovej časti priečného rezu kmeňov, ktorých priemer bol 30 až 40 cm. Vzorky sa zhotovili z prízemnej časti kmeňa a z výšky 4–5 m. Z každého kmienika a vzorky sa reprezentatívna časť použila na výrobu skúšobného telieska pre určenie vlhkosti a mernej hmotnosti dreva. Vzorky drevín, okrem topola, sa získali náhodným výberom z dielcov 775, 811 a 812 v ŠLP VŠLD vo Zvolene. Topol pochádza z brehového porastu Hrona pri Zvolene.

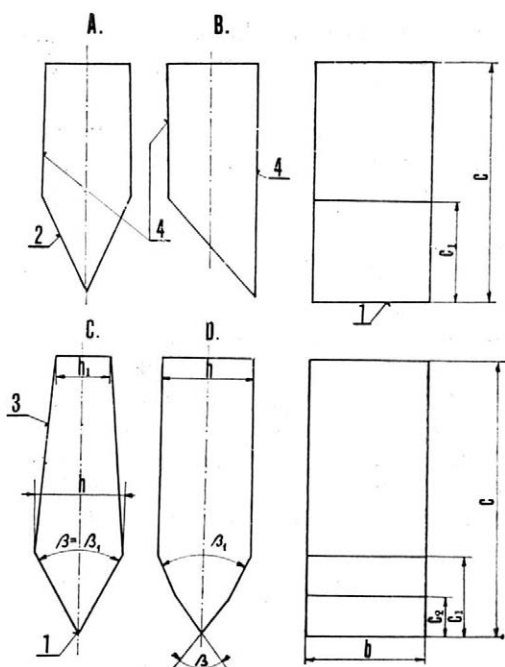
POSTUP PRI VYKONÁVANÍ LABORATÓRNYCH SKÚŠOK

Na očíslovaných vzorkách sa značili miesta rezov vo vzdialenosti minimálne 50 mm od seba pri kmienkoch a 100 mm pri pravouhlých vzorkách. Rozmer vzorky v mieste rezania sa odmeral posuvným meradlom s presnosťou na 0,1 mm. Pre dodržanie vlhkosti vzoriek boli tieto uložené v klimatizačnom zariadení. Časť vzoriek, určených na skúšky prerezávania v zamrznutom stave, sa uložila do mrazničky minimálne na 48 hodín. Kmieniky se prestrihávali v smere kolmom na drevné vlákna (čelné rezanie) dvoma nožmi proti sebe. Pravouhlé vzorky sa prerezávali tiež jedným nožom proti drevnej podpere, a to v radiálnom a tangenciálnom smere na ročné kruhy. Okrem čelného rezania sa pre pozorovanie uskutočnili skúšky rezania čelno-pozdĺžneho a priečno-čelného.

Vlhkosť dreva w (%) sa zisťovala podľa ČSN 49 0103 a merná hmotnosť absolútne suchého dreva γ_0 ($\text{g} \cdot \text{cm}^{-3}$) podľa ČSN 49 0108.

REZNÉ NÁSTROJE

Základné tvary nožov, ktoré sa použili na laboratórne skúšky, sú na obr. 1. Na laboratórne skúšky sa použili nože s hrúbkou $h = 2,9; 3,9; 5,9$; a 6,0 mm po celej dĺžke c noža a jeden nôž (č. 11) tvaru podľa obr. 1C, u ktorého $h = 5,9$ mm a $h_1 = 4,0$ mm. Skúšané nože mali uhly ostria $\beta = 30^\circ, 35^\circ$ a 45° , nôž č. 11 $\beta = 30^\circ, \beta_1 = 45^\circ$. Šírka nožov $b = 80$ mm, dĺžka nožov jednostranne brúsených (obr. 1D) $c = 78$ mm, obojstranne brúsených (obr. 1A) $c = 110$ mm. Na výrobu sa použila oceľ 19083 a 19436. Všetky nože dosiahli kalením tvrdosť 52–56 HRC. Drsnosť povrchu $R_a \cdot 0,8 \mu\text{m}$.



1. Základné tvary nožov použitých pre laboratórne skúšky: A — nôž so súmerným rezným klinom, B — nôž s jednostranne zbrúseným rezným klinom, C — nôž so zúženou chrbtovou plochou, D — nôž s nerovnakým uhlom ostria (β) a uhlom rezného klina (β_1). Na obraze: 1 — rezná hrana, 2 — čelo rezného klina, 3 — čelná plocha noža, 4 — chrbtová plocha noža, h, h_1 — hrúbka noža, b — šírka noža, c — dĺžka noža, c_1 — výška rezného klina, c_2 — výška ostria rezného klina. — Basic types of knives used for laboratory examinations

ZARIADENIE NA ZISŤOVANIE PRIEBEHU SÍL

Priebeh rezných síl sa zisťoval na stroji ZD 10/90 v laboratóriách VŠLD. Skúšaný nôž sa upevnil dvoma skrutkami do prípravku, ktorý pozostával z pevného a pohyblivého držiaka noža s priamym vratným pohybom. Pracovná rýchlosť suportu bola $1-2 \text{ mm} \cdot \text{s}^{-1}$. Priebeh reznej sily sa zaznamenával graficky na registračnej časti stroja, alebo sa odčítal s presnosťou na 100 N.

ZHODNOTENIE LABORATÓRNYCH SKÚŠOK

SILY PRI PRESTRIHÁVANÍ VZORIEK VO VZŤAHU

K FYZIKÁLNYM A MECHANICKÝM VLASTNOSTIAM DREVA

Drevo je anizotropný materiál so zložitou a premenlivou anatomickou stavbou, ktorá ovplyvňuje jeho fyzikálne a mechanické vlastnosti a mení sa podľa druhu dreviny, veku, miesta v pozdĺžnom a priečnom reze kmeňa, podľa rastových podmienok každého jedinca a pod.

Pre stanovenie korelácie medzi veľkosťou reznej sily a hodnotami fyzikálnych a mechanických vlastností dreva sme vybrali mernú hmotnosť, vlhkosť a teplotu dreva. Dôvodom k takémuto postupu bola snaha vybrať kvantitatívne znaky, ktoré majú praktický význam a dajú sa ľahko pochopiť a zistiť. Pri mernej hmotnosti sme brali do úvahy výsledky predchádzajúceho výskumu u nás i v zahraničí. Viacerí autori (Götre 1964, Wiklund 1967, Kempe 1967) považujú mernú hmotnosť za jeden z naobjektívnejších ukazovateľov pre stanovenie hodnot rezného odporu rôznych drevín. No druhej strane však Chardin

(1968) dôrazne varuje pred takým postupom, keď sa podľa známej hodnoty mernej hmotnosti jednej dreveniny interpoluje veľkosť rezného odporu na grafe, ktorý sa zhotovil z výsledkov inej dreveniny. Podľa tohoto autora je takýto postup spojený s možnosťou chyby až 35 %.

Vzťah medzi mernou hmotnosťou a reznou silou v rámci jednej dreveniny sme zisťovali na kmienkoch smreka, buka a jaseňa a podľa vypracovanej metodiky aj na vzorkách z kmeňov smreka, borovice, buka, duba, javora, jaseňa a topola.

2. Závislosť maximálnej reznej sily $F_{\max}$ od kruhovej plochy k kmienika v mieste prestrihávania vo výške 0,1 a 2,0 m kmienika (rez čelný, strihanie 2-ma nožmi proti sebe, $h = 6$ mm, $\beta = 30^\circ$). Rovnice regresných priamok:

smrek z výšky 0,1 m $\hat{y} = 139,24 + 27,89x$

2,0 m $\hat{y} = 66,57 + 33,15x$

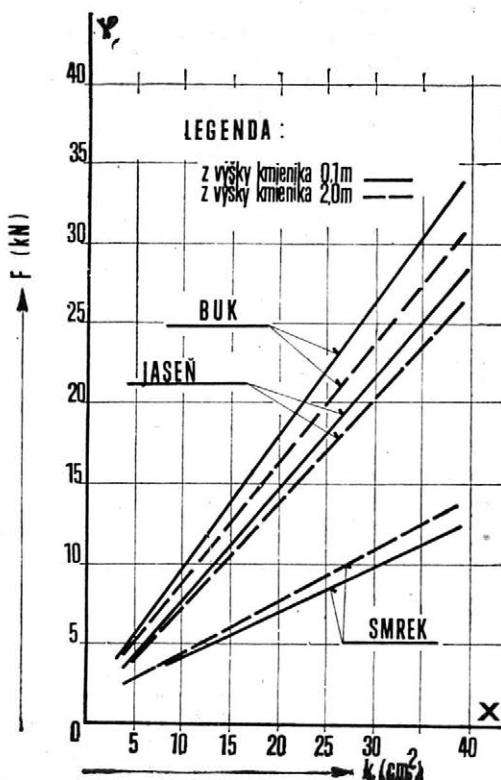
buk 0,1 m $\hat{y} = 32,40 + 86,30x$

2,0 m $\hat{y} = 102,80 + 75,64x$

jaseň 0,1 m $\hat{y} = 21,69 + 71,36x$

2,0 m $\hat{y} = 37,91 + 66,97x$

Dependence of the maximum sawing force $F_{\max}$ on basal area k of the thin stem at the place of cutting in height 0.1 and 2.0 m



Testom hypotézy o rovnosti aritmetických priemerov mernej hmotnosti absolútne suchého dreva γ_0 zo spodnej časti kmienikov a z výšky 2,0 m sme zistili, že rozdiel je štatisticky významný pri buku a jaseňi. Zistené priemerné hodnoty mernej hmotnosti zo spodnej časti kmienikov (z výšky 0,1 m) boli vyššie o 7,4 % pri smreku; 9,5 % pri buku a 8,8 % pri jaseňi, ako hodnoty z výšky kmienika 2,0 m. Ako sa prejavuje tento rozdiel na veľkosť reznej sily, možno vidieť na obr. 2, kde je znázornená závislosť maximálnej reznej sily od veľkosti kruhovej plochy v mieste rezania. Pre výpočet korelačnej závislosti sa použili tie isté vzorky, ako pre zisťovanie mernej hmotnosti. Priemerná vlhkosť kmienikov w bola: smrek 73 %, buk 47 % a jaseň 61 %.

Porovnanie priebehu regresných priamok ukazuje, že pri buku a jaseňi rovnako ako merná hmotnosť, aj maximálna rezná sila $F_{\max}$ potrebná na prestrihnutie spodnej časti kmienikov je vyššia, pričom sa rozdiel zväčšuje s narastaním prestrihávanej kruhovej plochy. Merná sila

F_{sp} sa podľa týchto meraní zvýši priemerne o 1,8 % pri súčasnom zväčšení mernej hmotnosti o 1 %.

Vzťah medzi hodnotami mernej hmotnosti γ_o a reznej sily F_{sp} , zistenej pri prestrihávaní pravouhlých vzorkov vidieť v tabuľke I. Údaje v ta-

I. Porovnanie hodnôt mernej hmotnosti (γ) dreva a maximálnej reznej sily (F_{sp}) v rôznej výške kmeňa niektorých lesných drevín (rezanie dvomi nožmi proti sebe, pri $h = 5,9$ mm, $\beta = 30^\circ$ smer rezania kolmo na drevné vlákna, teplota $+20^\circ\text{C}$). — Comparison of the specific density values (γ) of the wood and the maximum sawing force (F_{sp}) in the different stem height of some forest species (cutting with two opposite knives, $h = 5.9$ mm, $\beta = 30^\circ$, cutting direction upright on the wood fibres, temperature $+20^\circ\text{C}$)

Drevina	Vzorka z časti	Merná hmot. dreva		Vlhkosť dreva (w) %	Maximálna rezná sila v smere		
		γ_o	rozdiel medzi A a B		radiálnom	tangenciálnom	rozdiel medzi A a B
		g/cm ³	%		kN		%
Smrek	A	0,605	2,5	28,9	2,66	2,75	5,7
	B	0,590		28,3	2,52	2,59	
Borovica	A	0,524	6,3	28,9	1,96	2,12	5,7
	B	0,491		36,9	1,83	2,02	
Topoľ	A	0,512	8,2	90,2	2,84	2,59	11,6
	B	0,470		119,8	2,48	2,32	
Buk	A	0,654	7,7	46,7	4,88	4,39	11,7
	B	0,604		44,9	4,34	3,85	
Dub	A	0,761	8,4	48,4	4,18	3,53	5,6
	B	0,697		43,7	3,85	3,43	
Javor	A	0,576	0,7	48,4	4,64	3,40	7,4
	B	0,572		44,7	4,22	3,23	
Jaseň	A	0,632	1,9	47,5	3,84	3,48	7,9
	B	0,620		44,8	3,40	3,33	
Hrab	A	0,774	2,3	56,1	5,64	4,35	8,0
	B	0,756		70,4	5,12	4,07	

Legenda: A — vzorka z prízemnej časti kmeňa, B — vzorka z výšky kmeňa 4–5 m

bulke predstavujú primerané hodnoty z 10 meraní. Prislúchajúce hodnoty smerodajných odchýlok s_x a variačných koeficientov V_x pre mernú hmotnosť γ_o sa pri všetkých drevinách nachádzajú v rozmezí od 0,0024 do 0,0136 g. cm⁻³, resp. od 0,42 do 2,77 %.

V tabuľke I sú uvedené relatívne rozdiely medzi mernou hmotnosťou γ_o a mernou reznou silou F_{sp} pri strihaní v smere radiálnom a tangenciálnom na ročné kruhy zo spodnej časti kmeňa (časť A) a z výšky kmeňa 4–5 m (časť B). Na základe testovania týchto údajov možno so spoľahlivosťou $P = 99$ % konštatovať, že rozdiely medzi hodnotami F_{sp} v rámci jednej dreviny sú štatisticky významné. Zvýšenie mernej hmotnosti o 1 % má za následok úmerné zvýšenie reznej sily pri ihličnatých drevinách o 0,9–2 %. Podľa Wiklund (1967) zmena mernej hmotnosti o 1 % pri borovici odpovedá zmena reznej sily o 0,8 %. Pri listnatých drevinách spôsobuje variabilitu výsledkov ďalší faktor – štruktúra anatomickej stavby dreva. Po zohľadnení vplyvu tohoto faktora a rozdelení listnatých drevín na dreviny roztrúseno-pórovité a kruhovito-pórovité sme získali dva homogénnejšie súbory, v ktorých zmena γ_o o 1 % prislúcha priemerná zmena F_{sp} o 3,5 % (resp. 2 %). Pre tento výpočet sme použili aj výsledky strihania vzoriek z jadrovej časti priečného prierezu kmeňa.

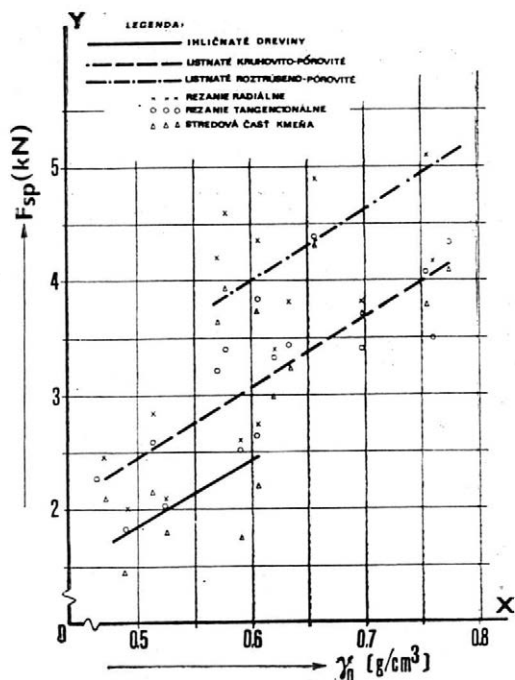
Z tabuľky I tiež vidieť rozdiely medzi reznou silou pri strihaní v smere radiálnom a tangenciálnom na ročné kruhy. Na základe všetkých uskutočnených meraní možno povedať, že pri čelnom prerezávaní vzoriek ihličnatých drevín je rezná sila väčšia v smere tangenciálnom na ročné kruhy, a to pri smrekovi priemerne o 2,9 % a pri borovici o 10 %. Drevo listnáčov kladie všeobecne väčší odpor proti vniknutiu rezného nástroja v smere radiálnom. Priemerne pri javore o 24 %, hrabe 21 %, dube 13 %, buku 10 %, topoli 7,5 % a jaseňi 5,5 %.

Vzťah medzi mernou hmotnosťou a reznou silou v rámci rôznych drevín vidieť na obr. 3. Rovnice regresných priamok uvedených na grafe majú tvar:

dreviny ihličnaté	$\hat{y} = -1,037 + 5,769x$
listnaté kruhovito-pórovité	$\hat{y} = -0,654 + 6,178x$
listnaté roztrúseno-pórovité	$\hat{y} = 0,230 + 6,291x$

Pre hrab sa hodnoty nachádzajú približne uprostred regresných priamok pre listnaté dreviny. Z obr. 3 vidieť, že pri rovnakej mernej hmotnosti rôznych drevín môže nadobúdať rezná sila rozdielne hodnoty. Napríklad medzi smrekom a javorom pri $\gamma_o = 0,580$ g. cm⁻³ je rozdiel v F_{sp} až 1,6 kN. Tento rozdiel je štatisticky veľmi významný a možno ho pripísať vplyvu rozdielnosti anatomickej stavby dreva a pevnostných charakteristík týchto drevín. Rozdiel medzi regresnými koeficientmi rovníc na obr. 3 je nepatrný, z čoho možno vyvodiť, že zmena mernej hmotnosti o 1 g. cm⁻³ má za následok rovnakú zmenu reznej sily – približne o 6 kN. Rozdiel medzi skupinami drevín vyjadrujú absolútne koeficienty rovníc.

Na obr. 4 je znázornený priebeh reznej sily pri prerezávaní vzorkov šiestich druhov lesných drevín. Počiatočná časť kriviek predstavuje silu potrebnú na prekonanie odporu dreva proti prerezávaniu a stlačeniu drev-



3. Závislosť mernej reznej sily F_{sp} od mernej hmotnosti γ_0 dreva rôznych drevín. Spôsob rezania ako na obr. 2. — Dependence of the specific sawing force F_{sp} on specific wood density γ_0 of different wood species. The sawing method is the same as in Fig. 2

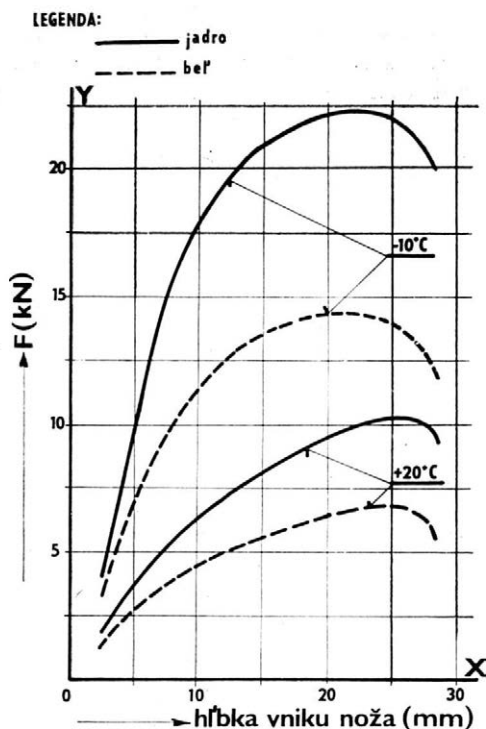
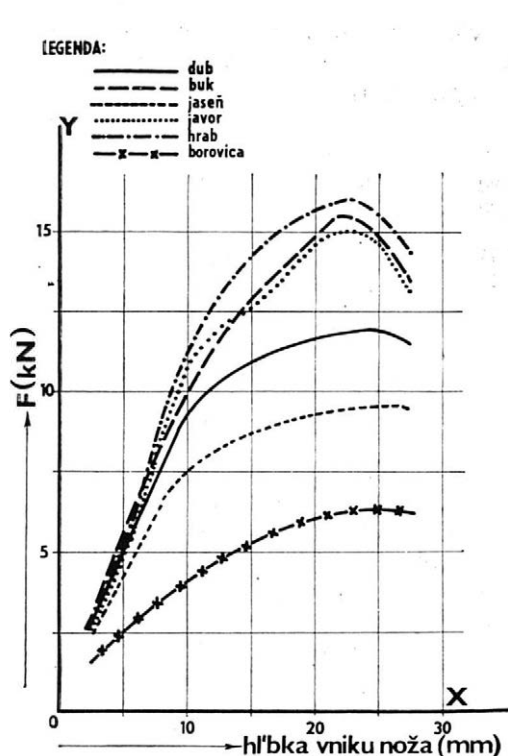
odpor dreva proti vnikaniu rezného nástroja. Táto zmena nezávisí od teploty, ale vo veľkej miere aj od obsahu vody v dreve a významne sa prejavuje napr. medzi reznou silou pri prestrihávaní vzoriek z jadrovej a belovej časti kmeňa (obr. 5). Vyšší obsah vody v belovej časti (v našom prípade o 40 %) spôsobuje zvýšenie F_{max} o 13,4 kN oproti 7,7 kN v jadrovej časti. Z obr. 5 tiež vidieť, že pri prestrihávaní zamrznutého dreva silová krivka strmšie narastá pri vnikaní rezného klina a v ďalšom má krivka miernejšie stúpanie, ako pri dreve nezamrznutom. Z uvedného možno usudzovať, že je to základná rezná sila, ktorá spôsobuje zväčšovanie celkovej reznej sily F . Tlakom a trením roztopený ľad pôsobí ako mazadlo. Zníženie hodnoty medze pružnosti a pevnosti drevných vlákien v ohybe má za následok, že v zamrznutom dreve dochádza ku zlomeniu vlákien pri značne menšej deformácii. Tieto skutočnosti môžu vysvetľovať zníženie koeficientu trenia, a tým zmiernenie priebehu silovej krivky po vniknutí rezného klina do dreva.

Vplyv teploty dreva na veľkosť maximálnej reznej sily F_{max} pri rôznych drevinách názorne vidieť na obr. 6. Pre zostrojenie histogramu sa použili priemerné hodnoty rezných síl pri prestrihávaní vzoriek pravoúhlého prierezu v smere radiálnom a tangenciálnom vzhľadom k priebehu ročných kruhov. Rezanie sa vykonalo dvoma nožmi proti sebe, ktoré mali

ných vlákien čelnou plochou rezného klina (edge force a wedging force), ďalej ju označujeme ako základná rezná sila, ďalší priebeh je závislý od veľkosti trecej sily (frictional force) medzi čelnou, resp. chrbtovou plochou noža a drevom.

Strmší priebeh silových kriviek pre buk, hrab a javor (roztrúseno-pórovité dreviny) vo fáze, keď sa prejavuje vplyv trecieho odporu naznačuje, že aj táto zložka celkovej reznej sily má za následok, že pri týchto drevinách sú hodnoty maximálnej reznej sily vyššie, ako pri drevinách kruhovito-pórovitých (jaseň, dub).

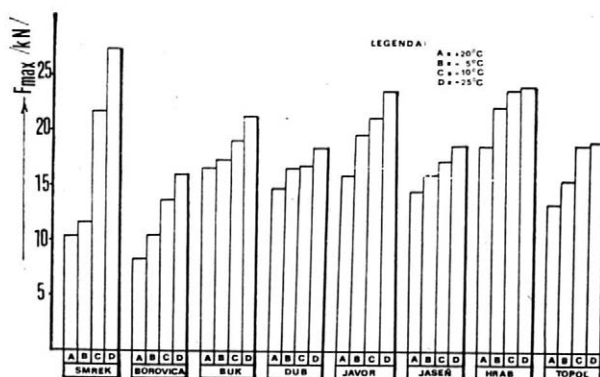
Vplyv vlhkosti dreva na veľkosť reznej sily sa prejavuje rozdielne pri nezamrznutom a zamrznutom dreve. Pri prerezávaní nezamrznutého dreva s vlhkosťou nad bodom nasýtenia drevných vlákien, čo je najčastejší prípad v praxi, možno vplyv vlhkosti považovať za nevýznamný. So znižovaním teploty dreva pod 0°C voda v dreve postupne zamrzá a zvyšuje sa koncentrácia soli v ešte nezamrznutej časti tekutiny, v dôsledku čoho sa mení



4. Priebeh reznej sily pri prestrihávaní vzoriek rôznych drevín (rezanie 2-ma nožmi proti sebe, hrúbka nožov $h = 5,9$ mm, $\beta = 30^{\circ}$, rez radiálny, $t = 20^{\circ}C$, vzorky z prízemkovej časti kmeňa). — Course of the sawing force at cutting different wood species samples (sawing with two opposite knives, diameter of knives $h = 5,9$ m, $\beta = 30^{\circ}$, silky surface, $t = 20^{\circ}C$, samples from the bottom part of the stem)

5. Porovnanie priebehu reznej sily pri prestrihávaní vzorky z jadrovej a beľovej časti kmeňa (rezanie 2-ma nožmi, $h = 5,9$ mm, $\beta = 30^{\circ}$, drevina smrek). — Comparison of the course of the sawing force at cutting a sample from the heart and alburnum part of the stem (cutting with two knives, $h = 5,9$ mm, spruce)

6. Vplyv teploty na hodnoty maximálnej reznej sily F_{max} pri prestrihávaní vzoriek 8 lesných drevín. — The influence of temperature on the maximum sawing force values F_{max} at cutting samples of 8 forest species



$h = 5,9$ mm, $\beta = 30^\circ$; vzorky sú z výšky kmeňov 4–5 m. Keď reznú silu zaznamenanú pri teplote $+20^\circ\text{C}$ považujeme za 100 %, potom pri teplotách -5°C , -10°C a -25°C sa zvýši rezná sila takto (%):

	-5°	-10°	-25°
smrek	18,82	52,58	61,91
borovica	27,78	44,48	51,40
topoľ	22,20	34,51	39,78
jaseň	16,51	20,52	28,06
dub	12,20	15,23	20,59
javor	23,35	26,69	35,81
buk	5,95	15,95	21,88
hrab	16,39	22,23	23,35

Podobné výsledky sme dosiahli aj pri porovnávaní hodnôt mernej reznej práce.

Výskumom vplyvu teploty dreva na veľkosť reznej sily sa zaoberal Wiklund (1967). Podľa tohoto autora (pri prerezávaní borovice nožom o hrúbke 7 mm, $\beta = 45^\circ$) sa pri znížení teploty t dreva z $+20^\circ\text{C}$ na -10°C , zvýši $F_{\max}$ o 20–30 % a o ďalších 25–35 % pri znížení teploty na -30°C . Keď použil na prerezávanie 2 nože proti sebe, bol rozdiel pri zmene z $t = +20^\circ\text{C}$ na $t = -10^\circ\text{C}$ až 90 %. Na obr. 7 uvádzame závislosť $F_{\max}$ od priemeru kmeňa borovice v mieste prerezávania pri teplote $+20^\circ$, -10° a -30°C .

REZNÁ SILA VO VZŤAHU K PARAMETROM A TVARU REZNÉHO NÁSTROJA A K SPÔSOBU REZANIA

Hrúbka rezného nástroja

Z teórie rezania je známe, že zmenšovaním hrúbky rezného nástroja sa znižuje merný rezný odpor. Zmenšovaním hrúbky noža danej konštrukcie a materiálu sa však znižuje jeho pevnosť, dochádza k odkláňaniu noža od určeného smeru (najmä pri asymetricky brúsenom noži) a pri väčšom odklonení k jeho porušeniu. Problematikou pevnosti noža pri krájaní a strihaní dreva sa zaoberal napr. B. A. Leonov (1972). V príspevku chceme stručne ukázať, v akej miere ovplyvňuje reznú silu zmena hrúbky rezného nástroja.

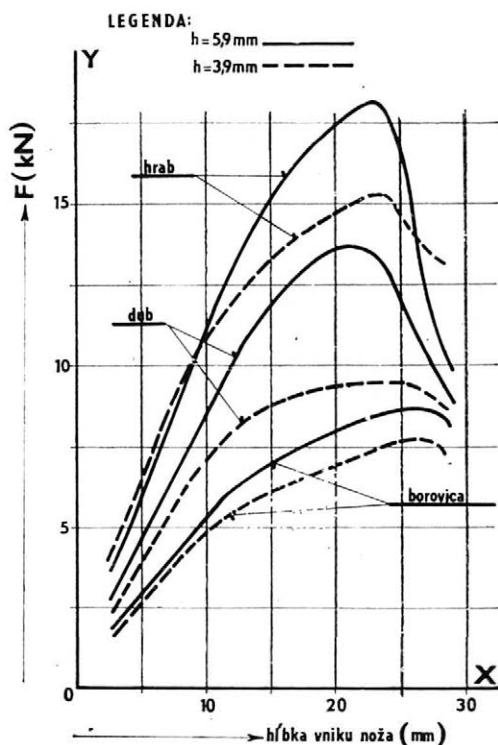
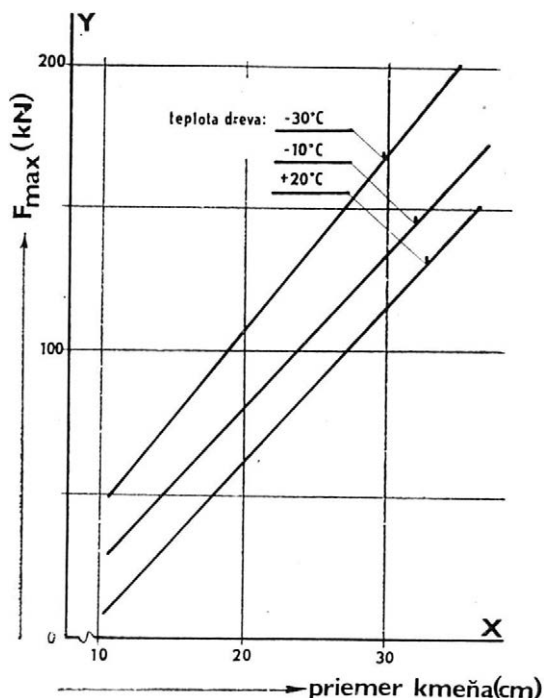
Na obr. 8 je znázornený priebeh reznej sily pri prestrihávaní vzoriek nožmi o hrúbke $h = 3,9$ a $5,9$ mm pri troch drevinách s rozdielnymi fyzikálno-mechanickými vlastnosťami (podobný priebeh reznej sily sme zaznamenali aj pri prerezávaní ostatných drevín).

Z priebehu silových kriviek na obr. 8 je zrejmé, že na narastaní reznej sily s hrúbkou noža sa podieľajú obidve zložky celkovej reznej sily – základná (55–78 %) aj trecia sila. Zväčšovanie hrúbky noža z 3,9 na 5,9 mm má za následok nasledujúce zvýšenie maximálnej reznej sily $F_{\max}$ podľa drevín: javor, hrab, buk 17,8 až 24,0 %; dub, topoľ, jaseň 30,7 až 33,4 %; smrek, borovica 7 až 10 %.

Závislosť maximálnej reznej sily $F_{\max}$ v kN od prerezávanej kruhovej plochy k bukových kmeňov nožmi rôznej hrúbky charakterizujú tieto rovnice regresných priamok:

keď $h = 5,9$ mm, $\beta = 30^\circ$, počet meraní $n = 65$

$$F_{\max} = 17,90 + 7,21 \cdot k$$



7. Závislosť maximálnej reznej sily od priemeru prestrihávaného kmeňa pri rôznej teplote dreva (Wiklund 1967). Rezanie jedným nožom proti opore, $h = 7$ mm, $\beta = 45^\circ$, $\beta_1 = 30^\circ$, borovica $\gamma_0 = 0,46 \text{ g} \cdot \text{cm}^{-3}$. — Dependence of the maximum sawing force on diameter of a cut stem at the different wood temperature

8. Porovnanie priebehu síl pri prestrihávaní vzorky nožmi rôznej hrúbky (rezanie 2-ma nožmi, $\beta = 30^\circ$, rez tangenciálny vzorky z prízemkovej časti kmeňa). — Comparison of the course of forces at cutting the samples with knives of different diameter (cutting with two knives, $\beta = 30^\circ$, tangential section from the bottom part of the stem)

keď $h = 3,9 \text{ mm}$, $\beta = 30^\circ$, $n = 62$

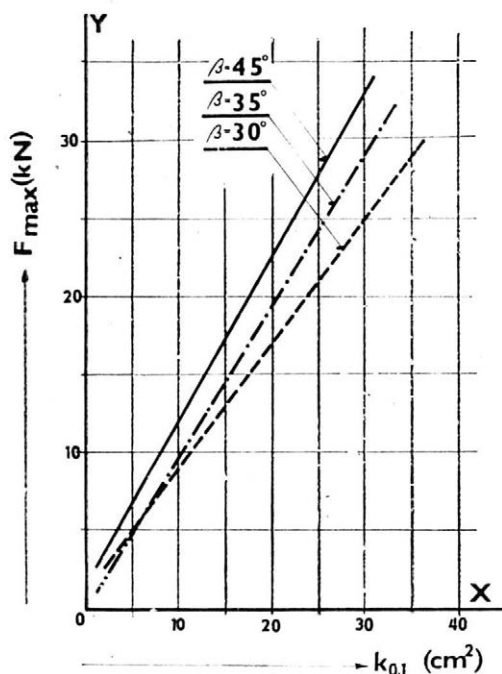
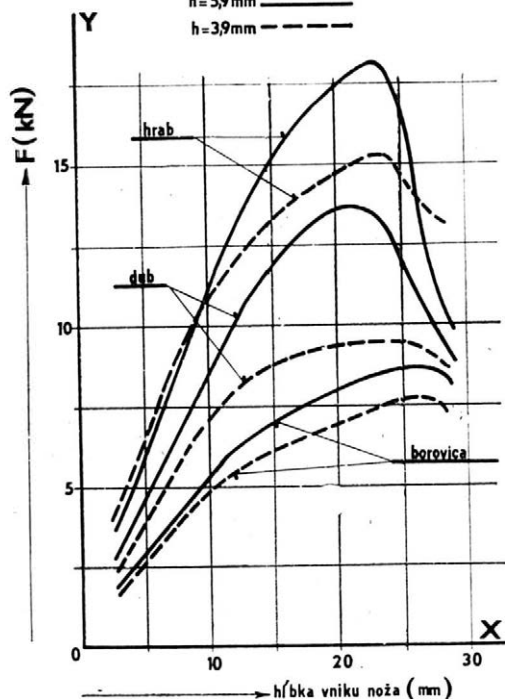
$$F_{\max} = 19,28 + 6,09 \cdot k$$

keď $h = 2,9 \text{ mm}$, $\beta = 30^\circ$, $n = 58$

$$F_{\max} = 18,8 + 5,25 \cdot k$$

Vypočítané korelačné koeficienty r_{xy} majú hodnoty 0,950; 0,957 a 0,969. Z hodnôt regresných koeficientov korelačných závislostí možno usúdiť, že vplyv hrúbky noža sa zreteľnejšie prejavuje so zväčšovaním prerezávanej kruhovej plochy. Pri $k = 20 \text{ cm}^2$ je rozdiel medzi nožmi o hrúbke 5,9 a 3,9 mm a 5,9 a 2,9 mm 15,3 %, resp. 30,9 %, pri $k = 40 \text{ cm}^2$ 16,8 %, resp. 34,3 %.

Rozdiel v hodnotách $F_{\max}$ pri prestrihávaní kmeňov o priemere $d = 10$ až 35 cm nožmi rôznej hrúbky vidieť aj na obr. 9 (Wiklund 1967.). Podľa Kurapceva (1972) má zmena hrúbky noža zo 6 na 10 mm za následok zmenu reznej sily pri breze o 31 % a pri smreku o 41 %.



9. Závislosť maximálnej reznej sily od priemeru prerezávaného kmeňa nožmi rôznej hrúbky (Wiklund 1967). Strihanie 2-ma nožmi, $\beta = 30^\circ$, $\beta_1 = 45^\circ$, borovica. — Dependence of the maximum sawing force on the diameter of the cut stem with knives of different diameter (Wiklund 1967), cutting with two knives, $\beta = 30^\circ$, $\beta_1 = 45^\circ$, pine

10. Závislosť maximálnej reznej sily $F_{\max}$ od prerezávanej kruhovej plochy k bukových kmienkov pri rôznych uhloch ostria nožov (strihanie 2-ma nožmi, $h = 5,9 \text{ mm}$). Rovnice regresných priamok:

$$\beta = 30^\circ \quad \hat{y} = 14,80 + 7,68x$$

$$\beta = 35^\circ \quad \hat{y} = 3,52 + 9,33x$$

$$\beta = 45^\circ \quad \hat{y} = 7,60 + 10,52x$$

— Dependence of the maximum sawing force $F_{\max}$ on cut basal area k of the beech stems at different angles of knife edge (cutting with two knives, $h = 5.9$)

Zníženie hodnoty koeficientu trenia a tým aj celkovej reznej sily je možno dosiahnuť zúžením chrbtovej plochy noža. Ako vidieť na obr. 9, zúženie sa výraznejšie prejavuje s narastaním hrúbky prestrihávaných kmeňov. Táto konštrukčná úprava rezného nástroja je však v úzkom vzťahu s pevnosťou noža.

Uhol ostria β a uhol rezného klina β_1

Bukové kmieniky sme prestrihávali nožmi s jednoduchým rezným klinom ($\beta = \beta_1$). Diagramy priebehu reznej sily ukázali, že so zväčšovaním uhla ostria z 30° na 35° a 45° narastá vkladacia sila a maximálna rezná sila ($F_{\max}$). Korelačná závislosť $F_{\max}$ od prestrihávanej kruhovej plochy k pri rôznych uhloch ostria nožov je znázornená na obr. 10. Rezná sila, keď $\beta = 30^\circ$, tvorí pri $k = 40 \text{ cm}^2$ 75 % reznej sily noža s $\beta = 45^\circ$. Pri prerezávaní topola sme zistili, že rezná sila pri $\beta = 35^\circ$ a $\beta_1 = 45^\circ$ je vyššia o 17,7 %, resp. 33,2 %, ako pri noži s $\beta = 30^\circ$ a pri rezaní nožom

s kombinovaným rezným klinom ($\beta = 45^\circ$, $\beta_1 = 30^\circ$ s obojstranne zúženou chrbtovou plochou v sklone 1,4 %) nižšia o 10 %. Leonov (1972) uvádza, že so zväčšením uhla ostria pri smreku a breze od 20° do 40° a od 20° do 30° , pri osike sa rezná sila znižuje o 14,5 %. Podľa Wiklunda (1967) je významný rozdiel v reznej sile medzi nožmi s uhlami ostria 30° a 45° pri zamrznutom dreve.

Známa je skutočnosť, že so zmenšovaním uhla ostria sa urýchljuje opotrebovanie a otupovanie rezného nástroja. Pri rezaní svalovitého a hrčatého dreva dochádza k ohnutiú alebo vylomeniu ostria noža. Otupené ostrie drevo neprerezáva, ale drevné vlákna ohýba a pretrháva, prípadne láme. Na základe uvedeného a vykonaných skúšok sa javí ako najvýhodnejší nôž s $\beta = 40-45^\circ$ a $\beta_1 = 30^\circ$.

Ďalšie faktory, ktoré ovplyvňujú veľkosť reznej sily

Pri ihličnatom hrčatom dreve sa F_{max} zvýšila až o 50 %; pri listnatých drevinách v závislosti od veľkosti hrče o 30–100 %.

Za účelom zníženia koeficientu trenia medzi nožom a drevom skúmal Wiklund (1967) vplyv mazania noža. Ako mazadlo použil molybdenum disulfid, ktorý je charakteristický dobrou priľnavosťou. Mazanie nemalo za následok zníženie reznej sily. Možno to vysvetliť tým, že veľká priepustnosť dreva nedovoľuje, aby vznikol olejový film, resp. voda obsiahnutá v dreve je dostačujúcim mazadlom. Rezná sila pri použití noža opatreného kovovými doštičkami impregnovanými polytetrafluoretylénom, ktorý mal $h = 7$ mm, $\beta = 45^\circ$, bola pri prerezávaní borovice nižšia o 10 % v porovnaní s rovnakým nožom bez zvláštnych úprav ocele za účelom zníženia koeficientu trenia.

Porovnanie strihania (2 nože) s krájaním vyznelo v prospech strihania; napr. pri prerezávaní vzoriek topola jedným nožom ($h = 5,9$ mm, $\beta = 30^\circ$) bola rezná sila vyššia v smere radiálnom o 27,93 %, tangenciálnom o 27,89 % a pri vzorke zo stredu priečneho prierezu kmeňa o 20,1 %, oproti sile zistenej pri strihaní nožmi rovnakých parametrov. Pri smreku bol rozdiel primerne 6 %. Tieto výsledky môžeme považovať za logické. Pri skúškach rezania jedným nožom sa zistilo, že rezná sila nadobúda maximálnu hodnotu pri vniknutí noža do hĺbky, ktorá odpovedá 65–87 % priemeru kmeňa.

Podľa záverov Filipova (1969), Wiklunda (1967) a ďalších autorov má na zmenšovanie rezného odporu podstatný vplyv vibrácia rezného nástroja v smere paralelnom so smerom rezania. Za zaujímavý možno pokladať výskum švédskej Forest Product Laboratory, založený na štúdiu koeficientu K , ktorý sa vypočíta podľa vzťahu

$$K = \frac{\text{vibračná rýchlosť} + \text{rezná rýchlosť}}{\text{rezná rýchlosť}}$$

Podľa skúšok pri prestrihávaní borovice nožmi a hrúbke 0,5–1,0 mm, pri $K = 5$ je zníženie reznej sily vibráciou až 50 %, pri $K = 40$ je rezná sila až o 90 % nižšia, ako bez vibrovania. Zníženie reznej sily pri použití hrubších nožov je menšie. Pri frekvencii 60 Hz, amplitúde 1,4 mm, reznej rýchlosti $0,13 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1}$, nožom s $h = 7$ mm, $\beta = 60^\circ$, drevena borovica, sa rezná sila znížila približne o 20 %. Podľa Wiklunda (1967) sa

dá rezná sila vibráciou znížiť o 25–30 % zvýšením frekvencie a amplitúdy, alebo znížením reznej rýchlosti.

Kosouhlé rezanie, t. j. rezanie, kedy uhol (λ) medzi smerom pohybu rezného nástroja a reznou hranou noža je väčší alebo menší ako 90° , má za následok zníženie reznej sily. Podľa N. F. Kurapčeva (1972), pri zmenšení uhla z 90° na 45° sa hodnota reznej sily zníži o 28 %. Autor vykonal skúšky so smrekom pri $w = 60–76\%$, nožom o hrúbke 7 mm, $\beta = 45^\circ$. Pre vyrovnanie korelačnej závislosti mernej reznej sily od uhla λ použil rovnice regresných priamok, ktoré majú tvar

– pre vzorky pravouhlého prierezu:

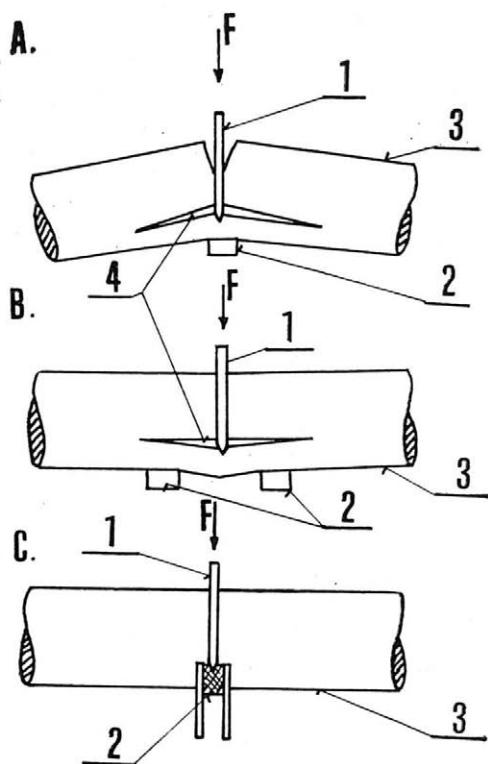
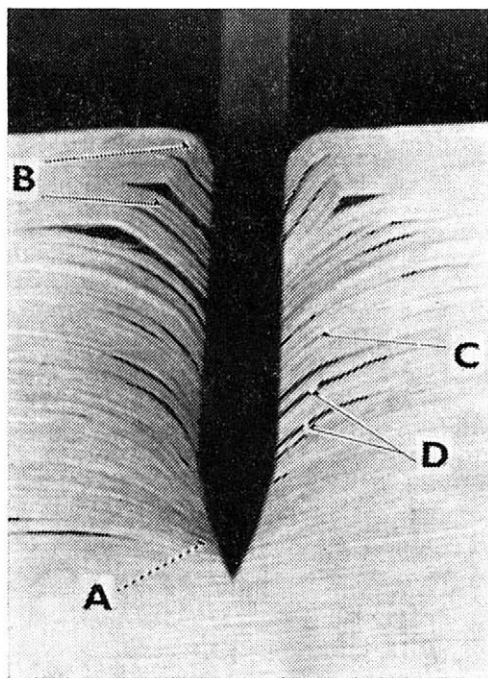
$$F_{sp} = 0,884 + 0,044 \lambda \text{ (kN)}$$

$$r_{xy} = 0,820$$

pri prerezávaní kmeňov:

$$F_{sp} = 1,296 + 0,045 \lambda \text{ (kN)}$$

$$r_{xy} = 0,915$$



11. Vznik poškodenia nezamrznutého dreva pri vníkaní nožového rezného nástroja (drešina topoľ, rezanie v smere radiálnom na ročné kruhy, nôž $h = 5,9$ mm, $\beta = 30^\circ$). Foto Koreň. – Rise of damage of the not frozen wood at penetrating the knife cutting tool (poplar, cutting in radial direction on year-rings, knife $h = 5.9$ mm, $\beta = 30^\circ$). Photographed by Koreň

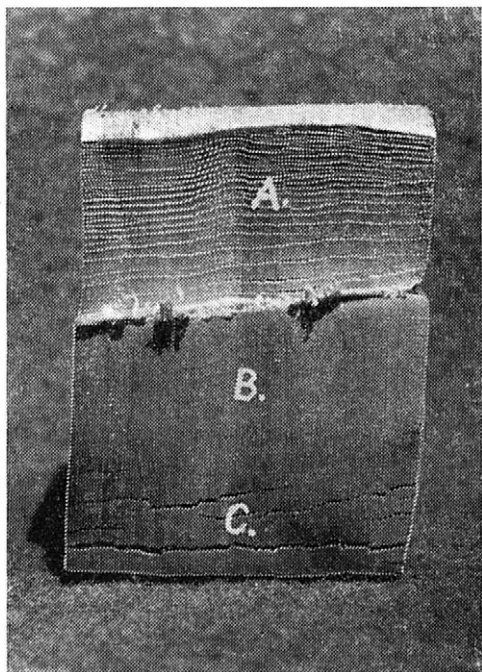
12. Vplyv tvaru podpery na vznik trhlín pri prerezávaní dreva jedným nožom (1 – nôž, 2 – podpera, 3 – kmeň, 4 – trhlina). – The influence of the support shape on rise of breaches at cutting the wood with one knife (1 – knife, 2 – support, 3 – stem, 4 – breach)

Výhoda tohoto spôsobu rezania sa využila pri navrhnutí noža v tvare volne sa otáčajúceho kotúča, o ktorom sa podrobnejšie zmienime v ďalšej kapitole.

Zmena smeru rezania z čelného na čelno-pozdĺžne, resp. na tangenciálno-čelné podľa našich meraní nemala za následok očakávané zníženie maximálnej reznej sily.

VZNIK POŠKODENIA DREVA A FAKTORY VPLYVAJÚCE NA JEHO ROZSAH

Pri prerezávaní málorozmerných vzoriek sme zároveň so zisťovaním reznej sily skúmali vplyv jednotlivých faktorov na vznik a rozsah poškodenia dreva. Kvalitatívne straty, ktoré vznikali na dreve v mieste vníkania nožového rezného nástroja, sa prejavili ako plastická deformácia drevných vlákien ohnutých a stlačených reznou hranou a plochami rezného klina (obr. 11, zóna A); zlomenie drevných vlákien vplyvom sekundárneho namáhania v ohybe (zóna B); kruhové trhliny (odlupčivosť). Kruhové trhliny podľa početnosti a rozmerov rozdeľujeme na dva typy: a) Plytké

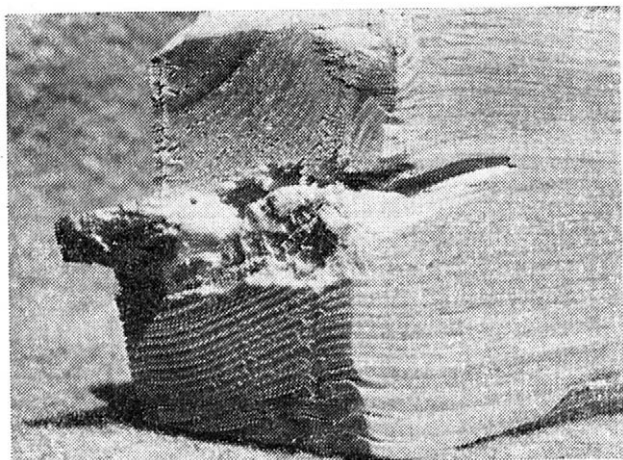


13. Poškodenie nezamrznutého dreva, pri prerezávaní 2-ma nožmi v smere tangenciálnom, drevena topoľ, nôž $h = 5,9$ mm, $\beta = 30^\circ$). Foto Koreň. — Damage of the not frozen wood at cutting with two knives in tangential direction (poplar, knife $h = 5.9$, $\beta = 30^\circ$). Photographed by Koreň

trhliny (zóna C), vznikajúce po celom priereze vzorky (kmeňa), vo vzájomnej vzdialenosti rovnajúcej sa približne šírke ročného kruhu. Ich maximálna hĺbka nepresahuje dvojnásobok hrúbky noža. Často sú porovnateľné len pod mikroskopom. b) Hlboké trhliny, ktoré vznikajú medzi zväzkami prerezaných ročných kruhov ako následok namáhania drevných vlákien na ohyb a vzperný tlak. Trhliny tohoto typu sa vytvárajú najmä po vzniku reznej hrany do hĺbky niekoľko milimetrov (zóna D). V dokončovanej fáze rezu (obr. 12) je ich vznik podmienený tvarom podpery. Polohu trhlín bolo možné sledovať na silovej krivke ako prudké dočasné zníženie reznej sily.

Extrakcie (zlomeniny s vytrhnutím drevných vlákien) vznikali najmä pri prestrihávaní dreva dvoma nožmi proti sebe (obr. 13 a 14). Rovnováha síl v nožoch nedovoľuje drevným vláknám ohyb. V ešte neprerezanom priereze vlákien vzniká normálové napätie. K porušeniu drevných vlákien dochádza pri zmenšení plochy prierezu na hodnotu, kedy normálové napätie dosiahne medzi pevnosti dreva v ťahu.

Z uvedených kvalitatívnych strát na dreve môžeme deformácie stlačením a plastické deformácie ohnutím drevných vlákien považovať za málo významné.



14. Poškodenie zamrznutého dreva pri prerezávaní dvoma nožmi v smere radiálnom, drevina smrek, nôž $h = 5,9$, $\beta = 30^\circ$, $t = -20^\circ\text{C}$). Foto Koreň. — Damage of the frozen wood at cutting with two knives in radial direction (spruce, knife $h = 5.9$, $\beta = 30^\circ$, $t = -20^\circ\text{C}$). Photographed by Koreň

Ku zlomeniu drevných vlákien dochádzalo pri strihaní vzoriek dvoma nožmi, resp. pri prerezávaní jedným nožom proti podpere podľa obr. 12A, približne vo vzdialenosti 10 mm od hornej plochy vzoriek smreka, borovice a topola. Tvar a smer zlomenín v dreve topola vidieť na obr. 11. Vzdialenosť od roviny rezu po zlomeninu bola pri ihličnatých drevinách o 25–40 % väčšia ako hrúbka noža. V nezamrznutom dreve jaseňa, duba, javora a hraba sa zlomenina nevyskytovala, v zamrznutom dreve ojedinele.

Pri rezaní v smere čelno-pozdĺžnom bol vznik zlomenín (ale aj trhlín) usmernený na tú stranu vzorky, kde uhol medzi nožom o pozdĺžnou osou vzorky bol tupý. Napríklad pri smreku dosahovala maximálna dĺžka trhlín na konvexnej strane vzorky len 50–65 % dĺžky trhliny na opačnej strane. Pri našich meraniach sme zistili, že intenzita tvorenia a najmä hĺbka trhlín majú veľké variačné rozpätie. Extrémne hodnoty sa rôznili v zamrznutom dreve až o 200–300 % od aritmetického priemeru. Považujeme za potrebné tiež poznamenať, že hodnoty zistené pri prerezávaní pravouhlých vzoriek možno vo vzťahu ku gulatine považovať len za orientačné.

Pri prestrihávaní vzoriek v smere radiálnom, nožmi o hrúbke 5,9 mm, s uhlom ostria $\beta = \beta_1 = 30^\circ$, bola hĺbka trhlín oproti tangenciálnemu väčšia o 5–25 %. Najintenzívnejšie sa trhliny tvorili v počiatočnej fáze vnikania noža do vzorky, približne do hĺbky 15 mm. V dreve topola boli trhliny rovnomerne rozložené po celom priečnom reze vzorky. Dĺžka trhlín dosahovala pri $t = +20^\circ\text{C}$ v rôznych drevinách nasledujúce hodnoty (mm): smrek 10–20, borovica 10–30 a topol 7–35/55, jaseň, dub 10–15/60, javor 5–15, buk 5–25/40, hrab 3–10. (Číslo za zlomkovou čiarou vyjadruje extrémne hodnoty.) Pri prerezávaní zamrznutých vzoriek dochádzalo vplyvom nepravidelnosti anatomickej stavby dreva často k rozštípeniu vzorky po celej dĺžke, keď táto bola menšia ako 150 mm. V ihličnatých drevinách sa trhliny vytvárali medzi jarným a letným drevom.

Zamrznuté vlákna topola sa pred reznou hranou nožov ohýbali

(v extrémnom prípade do momentu, keď bola vzdialenosť medzi reznými hranami 20 mm), pričom vznikali trhliny hlboké až 60 mm. Pri listnatých drevinách došlo k rozštípeniu vzorky v nasledujúcom rozahu z celkového počtu rezov: jaseň 50 %, dub 25 %, buk pri $t = -5^{\circ}\text{C}$ 25 %, pri $t = -25^{\circ}\text{C}$ 80 %, hrab do $t = -10^{\circ}\text{C}$ 20 %, pri $t = -25^{\circ}\text{C}$ 50 %, javor pri $t = -25^{\circ}\text{C}$ 50 %.

Vplyv teploty dreva na hĺbku trhlín sa podľa Wiklunda (1967) prejavil takto:

$t = +20^{\circ}\text{C}$	hĺbka trhlín	30—90 mm
$t = -10^{\circ}\text{C}$	hĺbka trhlín	60—140 mm
$t = -30^{\circ}\text{C}$	hĺbka trhlín	150—300 mm

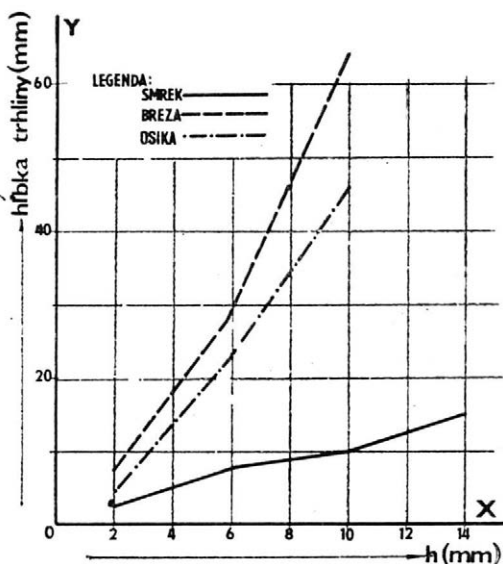
Tieto údaje autor zistil pri pre-rezávaní smrekovej gulatiny o priemere 25 cm. Rezal nožom o hrúbke 10 mm, podperu tvorila valčeková reťaz. V dreve borovice boli trhliny hlbšie o 10–25 %. Podľa tohoto autora sa vibráciou paralelne so smerom rezania dosiahlo zmenšenie dĺžky trhlín o 10–20 %.

Na základe vlastných meraní, ako aj údajov Wiklunda a Leonova, je dĺžka trhlín priamoúmerná hrúbke noža a uhlu rezného klina, resp. uhlu ostria, keď $\beta = \beta_1$. Pre názornosť uvádzame na obr. 15 závislosť hĺbky trhlín od hrúbky noža, na obr. 16 od uhla ostria rezného nástroja. Graf sme zostrojili podľa údajov B. A. Leonova (1972), ktorý prerezoval pravouhlé vzorky smreka, brezy, osiky o priereze 65×100 mm. Vlhkosť vzoriek w bola 34 %, 60 % a 70 %.

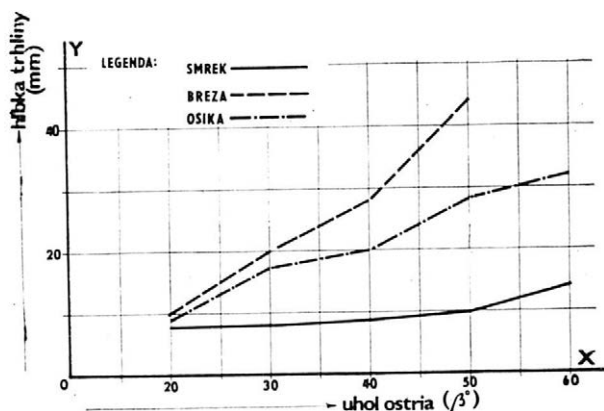
K zaujímavým výsledkom dospel Kempe (1967) pri prerezávaní nezamrznutých pravouhlých vzoriek smreka rôznymi nožmi:

číslo noža	1	2	3	4	5	6
hrúbka noža h/h_1 (mm)	10	5	10/5	10/5	10/5	9/4
uhol ostria $\beta/\beta_1(^{\circ})$	45	45	30	45	60	45/30
hĺbka trhlín (mm)	30—40	13—18	12—15	30—40	50	15—16

Podľa tvrdenia autora môžeme usudzovať, že zmena uhla ostria zo 45° na 30° znižuje dĺžku trhlín v rovnakej miere, ako zmenšenie hrúbky noža z 10 mm na 5 mm. Skutočnosť, že nôž č. 6 spôsobil malé poškodenie,



15. Vplyv hrúbky rezného nástroja na hĺbku trhlín (rezanie jedným nožom proti podpere, $\beta = 40^{\circ}$, $t = +17^{\circ}\text{C}$). — The influence of the diameter of the cutting tool on depth of breaches ($\beta = 40^{\circ}$, $t = +17^{\circ}\text{C}$)



16. Vplyv uhla ostria rezného nástroja na hĺbku trhlín (rezanie jedným nožom proti podpere, $h = 6$ mm, $t = +17^\circ\text{C}$). — The influence of the cutting tool angle on depth of breaches (cutting with one knife against the support, $h = 6$ mm, $t = +17^\circ\text{C}$)

naznačuje, že uhol rezného klina ovplyvňuje rozsah poškodenia dreva vo väčšej miere, ako maximálnu reznú silu.

Šírka „nedorezu“, hĺbka a tvar extrakcií pri prerezávaní pravouhlých vzoriek (nožmi o hrúbke 5,9 mm, $\beta = 30^\circ$) sa rôznili najmä v závislosti od druhu drevin a teploty dreva. Vplyv teploty dreva na tvar extrakcií u topola vidieť na obr. 13, u smreka na obr. 14.

Šírka nedorezu v nezamrznutom dreve bola najmenšia pri topoli (1–3 mm), jaseň (1,5–4 mm) a hrabe (2–5 mm). Na vzorkách týchto drevín sa šírka nedorezu nezvýšila ani pri $t = -25^\circ\text{C}$. Naproti tomu v zamrznutom dreve ihličnanov sa táto zväčšila až o 100 % oproti hodnotám pri $t = +20^\circ\text{C}$. Na vzorkách smreka boli maximálne dĺžky trhlín 3–6 mm, borovice 3–9 mm, pri ostatných listnatých drevinách sa pohybovala šírka nedorezu v rozmedzí od 4 do 8 mm, v zamrznutom dreve v rozmedzí od 5 do 12 mm. Maximálna dĺžka vytrhnutia vlákien (extrakcie) dosahovala pri jednotlivých drevinách tieto hodnoty (mm):

drevina	$t = +20^\circ\text{C}$	$t = -5$ až -25°C	drevina	$t = +20^\circ\text{C}$	$t = -5$ až -25°C
smrek	6–12	10–20	borovica	4–14	8–22
topoľ	2–7	3–9	buk	4–20	5–30
jaseň	5–15	5–30	javor	3–12	4–30
dub	5–15	5–30	hrab	4–6	5–30

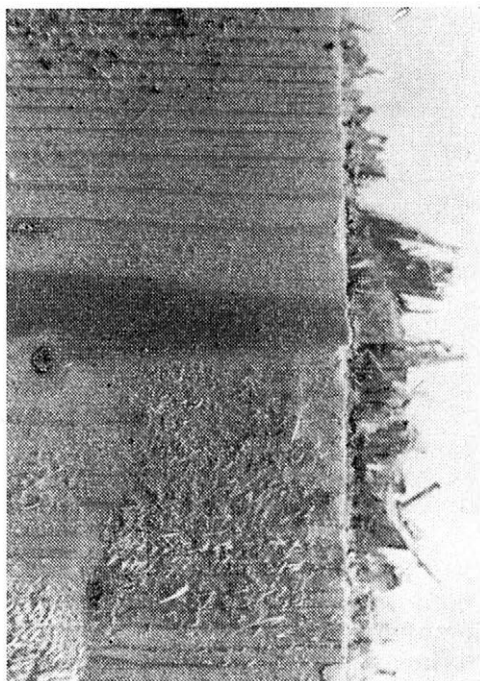
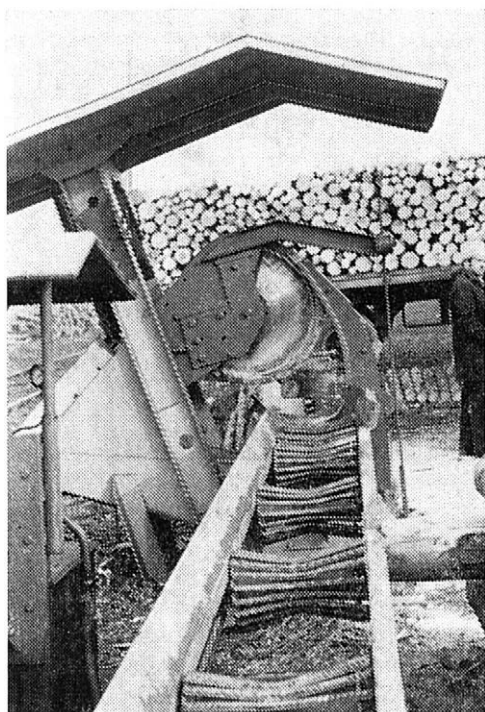
Pri prerezávaní nožom o hrúbke 3,9 mm bol rozsah poškodenia menší v priemere o 80 %.

PREVÁDZKOVÉ SKÚŠKY BEZTRIESKOVÉHO NOŽOVÉHO PREREZÁVANIA KMEŇOV U NÁS

Prvé zariadenia pre stínanie stromov na princípe hydraulických nožníc u nás vyvinul Výzkumný ústav pro stavbu lodí v Prahe. Konštrukčné riešenie a výsledky funkčných skúšok sa uvádzajú v správe Vývoj hydraulických nůžek na stromy, vypracovanej J. Čechom v júli 1971. Pre prevádzkové skúšky sa strihacie zariadenie upevnilo na výložník nakladača HON-051. Pracovný valec nožníc sa napojil na hydraulický systém nakladača. Nesymetricky naostreným nožom o hrúbke 12 mm, s uhlom

ostria 35° bolo možné prerezať kmeň smreka do priemeru 22,5 cm, kmeň buka do priemeru 12,0 cm.

Ďalšie zariadenie, ktoré skúšobne pracuje na PŘSL v Českých Budejovicích, je hydraulické skracovacie zariadenie podľa návrhu zlepšovateľa J. Kozáka. Rezný nástroj tohoto zariadenia tvoria jeden alebo dva protilahlé disky, ktoré sa voľne krúčia pri vníkaní do dreva (obr. 17 a 18). Pre výrobu sa použila ocel 19 312. Priemer kotúčov je 800 mm a 500 mm, hrúbka nožov 12 mm a 8 mm, $\beta = 30^\circ$.



17. Jednokotúčová hydraulická skracovačka na manipulačnom sklade v Strakoniciach. — Circular hydraulic bucksaw at the manipulation depot in Strakonice

18. Extrakcie na vzorku smreka po prerezaní dvojkotúčovou skracovačkou v Protivíne. — Extract on the sample of spruce after cutting with double circular bucksaw in Protivín

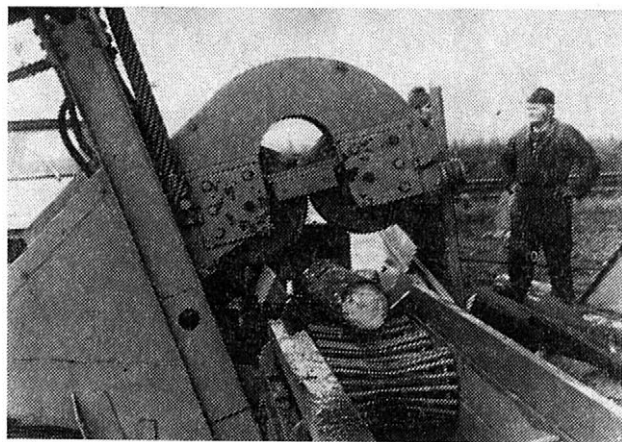
Pre výrobu zariadenia sa použili niektoré hydraulické prvky z nakladača HON-051. Pohon hydraulického čerpadla zabezpečuje elektromotor o výkone 22 kW; počet obrátok 1460 min^{-1} . Čerpadlo je typu BK 62 L s výkonnosťou $63 \text{ l} \cdot \text{min}^{-1}$. Hydraulický valec má priemer 150 mm, zdvih 700 mm, tlak 24,5 MPa. Hydraulické skracovacie zariadenie jednokotúčové tvorí súčasť manipulačnej linky v manipulačno-expedičnom sklade Strakonice, dvojkotúčové v manipulačno-expedičnom sklade Protivín.

V marci 1975 sme urobili na uvedených linkách pozorovania. Prerezávali sa surové smrekové kmene o priemernej hmotnosti $0,131 \text{ m}^3$. Maximálna hrúbka prerezávaného dreva bola 30 cm. Meranie sa robilo pri teplote $+15^\circ \text{C}$. Rezná sila sa zisťovala nepriamo z tlaku hydraulického valca. Priemerné hodnoty maximálnej reznej sily sú pri jednokotúčovom skracovacom zariadení nasledujúce:

priemer kmeňa (cm)	10	15	20	25
kruhov plocha (cm ²)	79	177	314	491
rezn sila (kN)	35	79	109	130

Pri dvojkotcovom skracovacom zariadení boli hodnoty reznej sily nžšie priemerne o 30 %, čo možno pripísať zmenšeniu hrúbky rezných nástrojov o 4 mm. Počet meraní $n = 748$.

Posudenie stupňa poškodenia dreva sa vykonalo na 50 náhodne vybratých vzorkách zo Strakon a 80 vzorkách z Protivna. Zistovalo sa rozmiestnenie trhlín a extrakcií na prerezanej ploche, ich početnosť a rozmery. Dĺžka a šírka trhlín a extrakcií sa merala mikroskopicky na štyroch pozdĺžnych rezoch vzoriek.



19. Dvojkotcov hydraulick skracovaka na manipulačnom sklade v Protivne. — Double circular bucksaw at the manipulation depot in Protivín

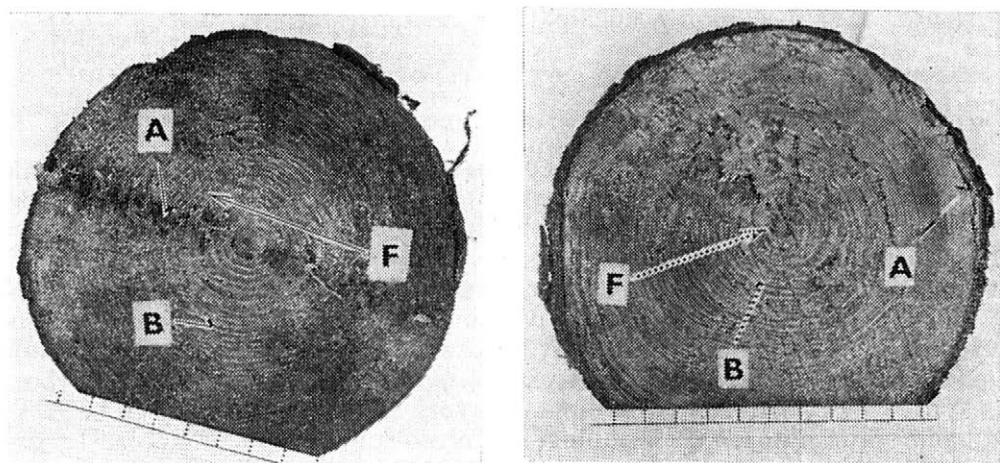
Pri obidvoch použitých nožoch je možné vidieť dve kvalitatívne zony (A a B) poškodenia dreva. Pri prerezávaní kmeňov dvojkotcovm rezným nástrojom vzniká nedorez s extrakcimi v mieste neplného styku rezných hrán nožov (obr. 20 a 21, zona A).

Priemern šírka nedorezu bola 4,9 mm. Jeho šírka sa zväčšovala v dokončovacej fáze rezu. Priemern šírka 2–0 cm pred ukonenm prerezávania bola 9,1 mm. S hrúbkou d prerezvanch kmeňov sa menila šírka nedorezu nasledujúco (priemern hodnoty): $d = 10$ cm – 5,1 mm; $d = 11–15$ cm – 4,7 mm; $d = 16–20$ cm – 3,6 mm; $d = 21–25$ cm – 5,9 mm.

Dĺžka vytrhnutia drevných vlákien sa zväčšovala postupne v smere pohybu nožov a extrémne hodnoty sa nachádzali znovu v poslednch 2 cm priemeru kmeňa. Podľa hrúbkových intervalov prerezvanch kmeňov sa prejavila nasledujúco:

 kmeňa v mieste rezu v cm	 hĺbka vytrhnutia drevných vlákien v mm	hĺbka vytrhnutia 2–0 cm pred ukonenm rezu v mm
do 10	3,92	6,83
11–15	2,86	6,40
16–20	6,50	7,67
21–25	7,50	24,50
priemer	3,75	7,61

Z uvedeného vyplýva, že priemerné hodnoty pri prerezávaní kotúčovými nožmi o $h = 8$ mm sa približne rovnajú rozsahu poškodenia, zisteného pri prerezávaní smreká o hrúbke 25 cm, dvoma nožmi proti sebe. Hodnota zistená Wiklundom (1967) je podstatne väčšia a pohybuje sa v nezamrznutom dreve v rozmedzí od 25 do 50 mm, pri noži o hrúbke $h = 10$ mm v rozmedzí od 30 do 60 mm.



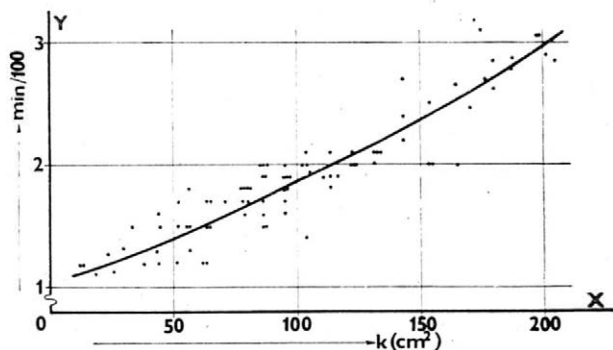
20. Plocha rezu smrekového kmeňa po prerezaní dvojkotúčovou skracovačkou. — Cut area of the spruce stem after cutting with double circular bucksaw

21. Pohľad na rezný povrch smrekového kmeňa po prerezaní jednokotúčovou skracovačkou. — View of the cut surface of the spruce stem after cutting with circular bucksaw

Pri prerezávaní kmeňov jednokotúčovým rezným nástrojom bolo možné pozorovať poškodenie veľkého rozsahu najmä v dokončovacej fáze rezu, ale tiež do hĺbky 2–3 cm od povrchu kmeňa po celom jeho obvode. Trhliny v dokončovacej fáze dosahovali hĺbku 7–20 mm, priemerne 11,8 mm.

Ostatná prerezaná plocha (zóna B) je charakterizovaná rovnomerne rozloženými trhlinami, príp. zlomeninami s vytrhnutím drevných vlákien menších rozmerov (obr. 20 a 21, zóna B).

22. Závislosť potreby času na vykonanie jedného rezu (s vrátením noža) od prestrihávanej kruhovej plochy. Rovnica regresnej krivky: $y = 0,118 + 0,444x + 0,226x^2$; $r_{xy} = 0,8206$. — Dependence of time needed for the cut (with returning of knife) on a cut basal area



Pri prerezávaní dvoma kotúčami ($h = 8$ mm) je ich počet a hĺbka na kmeni nasledujúca:

priemer kmeňa (cm)	do 10 cm	11—15	16—20	21—25
počet trhlín	28	42	68	70
priemerná hĺbka (mm)	8,1	8,7	9,4	11,5

Pri prerezávaní jedným kotúčom ($h = 12$ mm):

počet trhlín	38	46	72	83
priemerná hĺbka	10,1	9,4	12,7	14,3

Na základe uvedených výsledkov možno konštatovať, že použitie rezného nástroja v tvare naostreného kotúča je výhodné. Kotúč sa pri vnikaní do dreva odvaluje, čím sa znižuje trenie medzi drevom a rezným nástrojom. „Ťahavý rez“, resp. výhoda kosohlého rezania, sa odráža priaznivo v menšom poškodení dreva ako pri nožoch rovných.

Pre úplnosť považujeme za potrebné uviesť niektoré výsledky časových pozorovaní. Na obr. 22 sa uvádza závislosť potreby času na vykonanie jedného rezu od prerezávanej kruhovej plochy. Rezná rýchlosť noža bola $0,5 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1}$, rýchlosť pri spätnom pohybe $0,75 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1}$. Pri výrobe 1 m dlhých sortimentov, keď hmotnosť surových kmeňov bola $0,106 \text{ m}^3$ a prísunová rýchlosť dopravníka $0,75 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1}$, bola hodinová výkonnosť manipulačnej linky $5,4 \text{ m}^3$. Prísun, nastavenie dĺžky výrezu, prerezanie a odsun sortimentov sa ovláda automaticky, takže na obsluhu manipulačnej linky stačili 2 pracovníci, z ktorých jeden ukladal rovnané drevo.

ZÁVER

Trieskové rezanie dreva rezacími reťazmi alebo kotúčovými pílamí má určité nedostatky, ktoré sa snaží odstrániť beztrieskové rezanie dreva nožmi, a to krájaním alebo strihaním. Rezná sila nožov závisí od fyzikálnych a mechanických vlastností prerezávaného dreva. Menej závisí od rýchlosti rezania, ktorá sa pohybuje v prevádzke okolo $0,4 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1}$. Nedostatkom beztrieskového delenia dreva je poškodenie dreva vplyvom vnikania rezného nástroja do dreva. Veľkosť poškodenia dreva závisí od druhu, priemeru a teploty dreva, od tvaru a hrúbky nožov, smeru rezania a pod.

U nás sa v prevádzke osvedčilo beztrieskové rezanie dreva voľne otočnými kotúčovými nožmi pri výrobe celulózového dreva u PŘ SL České Budějovice (zlepšovateľ J. K o z á k.).

Došlo dne 27. 12. 1975

Literatúra

- BALABAN, K.: Nauka o dřevě. 1955, SZN Praha
- FILIPOV, O.: Kinematicko izsledovane na vibracionnito beztruškovo riazane. Drvoobrabotašča i mebelna promišlenost, 1969, č. 9, s. 16-21
- GÖTZE, H.: Untersuchungen über einige verwertungskennzeichnende Eigenschaften des Pappelholzes. Holzindustrie, 1964, č. 7, s. 187
- CHARDIN, A.: Utilization du pendule dynamometrique dans les recherches sur le sciage des bois. Bois et Forêts des Tropiques, 58, 1958, s. 49-61
- JANDEL, R. — KOREŇ, J.: Racionalizácia prerezávok a možnosti využitia tenčiny bukových mladín. Študijné informácie č. 2. Bratislava, 1973, Príroda, 168 s.

6. JANDEL, R. — KOREŇ, J.: Teória pracovných princípov strojov a zariadení rezaní, odvetvovaní a odkôrňovaní dreva. Záverečná správa, Zvolen VSLD, 1974
7. KEMPE, C.: Forces and Damage Involved in the Hydraulic Shearing of Wood. *Studia forestalia Suecica*, Stockholm, 1967, č. 55, 38 s.
8. KOČEGAROV, V. G. — MENIŠKOV, V. N.: K voprosu zaščeta usilija rezanija pri besstružечnom sposobe pererezanija drevesiny. *Naučniye trudy*, č. 133, 1971, 27 s.
9. KOREŇ, J.: Mechanické a fyzikální vlastnosti tenkého bukového dreva a ich vplyv na reznosť lesníckeho náradia. Diplomová práca Zvolen 1970, 144 s., VSLD, LF
10. KOREŇ, J.: Nožnice s hydraulickým pohonom pre okliesňovanie a prečistky. *Lesnícky časopis*, 1975, č. 2, s. 93-111
11. KURAPCEV, N. F.: Teoretičeskije i eksperimentalnije issledovanija raboty režuščich organov besstružечnogo rezanija drevesiny. Kandidátská dizertačná práca, Moskva 1972, 27 s. MPI M. Gorkogo
12. LEONOV, B. A.: Issledovanie processa noževoj raskrjaževky kruglych lesomaterialov. Kandidátská dizertačná práca, Moskovskij lesotekhnicheskij institut, Moskva 1972, 21 s.
13. WIKLUND, M.: Forces and damage in felling and with knife and shear type tools. Report, 1967, č. 9, 39 s.

Проблематика бесстружечной распиловки древесины в лесозэксплуатации

Невыгоды распиловки древесины со стружкой режущими цепями и дисковыми пилами стремятся устранить бесстружечная распиловка древесины ножами путем резки или рубки, которую с успехом начинают внедрять и в нашей стране (лесное управление Ческе Будейовице).

Режущее усилие при бесстружечной распиловке древесины зависит от физических и механических свойств, вида и диаметра древесины, а также от конструкции и толщины ножей. Влияние удельного веса и влажности древесины, направления резки на максимальное режущее усилие приведено в таблице I. Зависимость между удельным весом и режущим усилием у разных видов лесных древесных пород демонстрируют диаграммы на рис. 2—4, влияние температуры и влажности — на рис. 5—6. Значительное влияние на размер и ход режущего усилия имеют форма и острие ножа, равно как и его толщина, так как эти факторы обуславливают проникание ножей в древесину (рис. 8, 9, 10).

При бесстружечной распиловке не образуются древесных отходов, однако возникают потери качества вследствие стибания, деформации и ломки древесных волокон при проникании ножей в древесину. Режущее усилие возрастает пропорционально диаметру древесины и особенно при понижении температуры древесины ниже 0°C (рис. 11—14). Влияние формы и толщины ножей на повреждение древесины также значительно (рис. 15, 16).

Бесстружечную распиловку древесины свободно вращающимися дисками ввели уже в лесном управлении Ческе Будейовице (рационализатор Ярослав Козак). Конструкцию разделочной линии на производство целлюлозной древесины с использованием разделочных ножей изображают рисунки 17 и 18. Повреждение древесины при распиловке вращающимися дисковыми ножами меньше, чем при применении прямых ножей (рис. 19—21). Зависимость затраты времени на выполнение одного цикла резки от размера круговой поверхности показывает диаграмма 22.

Исходя из полученных до сих пор результатов с бесстружечной разделкой древесины можно сделать вывод, что этот метод можно с успехом использовать при раскряжке тонкомерной древесины, у которой режущее усилие и повреждения древесины не велики.

Problems of Chipless Wood Sawing in Forestry

The chipless wood sawing tries to remove disadvantages of the chip sawing, which is done with help of triangular types of saw chains and circular saws. It tends to replace them by slicing or cutting with knives. Such a method has been successfully introduced in PRSL České Budějovice. Sawing capacity at chipless wood sawing is influenced by physical and mechanical qualities, wood species, its diameter and by the construction of knives and their diameter. The influence of specific volume and humidity of wood and sawing direction upon the maximum sawing force is shown in Table I. Basic types of knives used for finding out the sawing force are in Fig. 1. Relation between specific volume and the sawing force at different forest species is illustrated by graphs in Figs. 2-4, the influence of temperature

and humidity is in Figs. 5—6. The shape and edge of knife, as well as its diameter have the considerable influence upon size and course of the sawing force, because these factors condition penetrating of knives into the wood (Figures 8, 9, 10).

There is no waste at the chipless sawing, but qualitative losses caused by bending, deformation and breaking of the wood fibres come into being when knives are penetrating into the wood. The sawing force is rising proportionately to the wood diameter and especially with lowering the temperature of the wood below 0°C (Figures 11—14). The influence of shape and diameter of knives on damage of the wood is also considerable (Figures 15, 16).

The chipless wood sawing with help of turning discs has been introduced in PRŠL České Budějovice (innovator being Jaroslav Kozák). A construction of the manipulation line for the cellulose wood production with using the shortening knives is seen in Figs. 17, 18. The wood damage at the sawing with turning disc knives is less than with straight knives (Figures 19—21). Dependence of time required for performing one cut cycle on a size of basal area is seen in Fig. 22.

According to the hitherto results of the chipless wood sawing, we can assume that it can be successfully used for manipulation of the thin wood, where the sawing force and the wood damages are not so large.

La problématique du sciage du bois sans copeaux dans l'exploitation forestière

On s'efforce d'éliminer les désavantages du sciage avec copeaux du bois, à l'aide des chaînes coupantes et des scies circulaires, par le sciage sans copeaux du bois, à l'aide des copeaux qui coupent ou cisailent le bois; on commence à introduire cette méthode avec succès également chez nous (entreprise České Budějovice).

Pendant le sciage sans copeaux du bois la pression de coupe est influencée par les propriétés physiques et mécaniques, le genre et le diamètre du bois, aussi bien que par la construction et l'épaisseur des copeaux. L'influence du poids spécifique et de l'humidité du bois et de la direction du sciage sur la pression de coupe maxima est indiquée au tableau I. Les types principaux de copeaux utilisés pour l'identification de la pression de coupe sont à la figure 1. Les graphiques aux figures 2—4 montrent le rapport entre le poids spécifique et la pression de coupe des essences forestières différentes, les graphiques aux figures 5—6 montrant l'influence de la température et de l'humidité. Ce sont la forme et l'arête coupante du copeau, aussi bien que l'épaisseur de ce dernier qui exercent l'influence considérable sur la puissance et l'évolution de la pression de coupe, ces facteurs conditionnant en effet la pénétration des copeaux dans le bois (figures 8, 9, 10).

Pendant le sciage sans copeaux, il n'y a pas de déchets de bois. On constate cependant des pertes qualitatives, dues au cintrage, à la déformation et à la rupture des tissus ligneux au moment où les copeaux pénètrent dans le bois. La pression de coupe augmente à mesure qu'augmente le diamètre du bois et surtout quand la température du bois tombe au-dessous de 0°C. (figures 11—14). L'influence de la forme des copeaux et de leur épaisseur sur l'endommagement du bois est également considérable (figures 15 et 16).

Le sciage sans copeaux du bois, à l'aide des disques à rotation lente, a été déjà introduit dans l'entreprise des forêts d'Etat à České Budějovice (améliorateur Jaroslav Kozák). Sur les figures 17 et 18 on peut voir la construction de la chaîne de manipulation, destinée à la production du bois cellulosique à l'aide des copeaux de débitage. L'endommagement du bois scié à l'aide des copeaux rotatifs n'est pas si important comme il l'est quand le bois est coupé à l'aide des copeaux plans (voir les figures 19—21). Le besoin du temps, nécessaire à l'exécution d'un cycle de sciage, est en fonction de l'étendue de la surface terrière, comme le montre le graphique 2.

Selon les résultats que donne jusqu'à présent le sciage sans copeaux du bois, on peut prévoir que se mode pourrait se faire valoir avec avantage pour la manipulation du bois faible, où les pressions de coupe et l'endommagement du bois ne sont pas tellement importants.

Adresa autorů:

Prof. Ing. Rudolf Jandel, Ing. Ján Koreň, Lesnícka fakulta VŠLD, Zvolen

V druhé polovině minulého století a začátkem tohoto století byl nekontrolovaným používáním obchodního semene zalžen jakýsi ohromný provenienční pokus, který se dnes nedá dost dobře vyhodnotit, protože prakticky neexistuje dostatečná registrace přesunů (Svoboda 1974). Historický výzkum a průzkum nám v jednotlivých případech může zjistit firmu, která semeno dodala. Jen málokdy však řekne něco bližšího o původu semene z hlediska jeho přirozeného areálu, o ekotopu a ekotypu, jejichž důležitost je dnes obecně uznávána. Jednotlivé ekotypy nebo provenience není možno obvykle rozlišit použitím klasických morfologicko-taxonomických metod. A přece je v genotypu každého jedince zakódována informace o původu použitého semene i o jeho kvalitativních a kvantitativních vlastnostech, o něž nám především jde. Je nutno jen umět tuto informaci správně přečíst a dešifrovat. Jelikož přímé čtení řetězců DNA ještě není na dohled, je nutno hledat nepřímé metody, které by umožnily alespoň částečné zhodnocení práce, která byla vložena do kultur introdukovaných dřevin, o jejichž původu dnes víme málo nebo vůbec nic. Jednou z těchto metod, která vychází z poznatků provenienčních pokusů a která by mohla pomoci alespoň v některých případech zjistit potřebné informace, je navrhovaná metoda srovnávacích kultur.

ZÁKLADNÍ PŘEDPOKLADY A PRINCIPY NAVRHOVANÉ METODY

První část úvah je prakticky totožná s úvahami, které vedly k zakládání provenienčních pokusů. Předmětem studia jsou znaky vrozené, geneticky podmíněné, dědičné, nikoli znaky získané. Dědičnost chápeme ve smyslu Sirksové (1956) jako jev, při kterém „organismy a jejich pohlavní cestou vzniklá potomstva se shodují ve schopnosti reagovat na podobné životní podmínky podobným způsobem“ (Hrubý 1961). Vrozené vlastnosti a znaky mohou být $\pm$ stále u celého zkoumaného taxonu (např. počet okvětních plátků u jednoho druhu) nebo mohou u jednotlivých přímých linií, populací a proveniencí vykazovat odchylné hodnoty, které dohromady dávají amplitudu proměnlivosti zkoumané charakteristiky v rámci příslušného taxonu. Tato druhá skupina charakteristik, která zahrnuje i znaky a vlastnosti hospodářsky významné, je vlastním předmětem studia provenienčních výzkumů. Jejich variabilita má nejrůznější formy. V daném případě nás nezajímá její fenotypická část, nýbrž pouze ta část, která je podmíněna genotypickou plasticitou taxonu, která způsobuje, že různé populace nebo provenience reagují na tytéž životní podmínky různým způsobem. Genotypická plasticita (variabilita) taxonu, podmíněná genetickou diferenciací, byla dokázána ve dvacátých letech tohoto století švédským botanikem Turessonem; její existence však byla již dříve intuitivně známa biologicky orientovaným lesníkům. V rámci této variability je možno rozlišovat několik

podskupin. Pro nás bude nejdůležitější podskupina klinálních znaků, které se mění víceméně kontinuálně se změnou ekotypu (ecocline ve smyslu Gregorově — Heywood 1971) nebo s geografickou změnou místa autochtonního růstu (topocline), tedy se změnou zeměpisné šířky, délky a nadmořské výšky. Význam bude mít ovšem i diskontinuální variabilita, především u diskrétních (přetržitých) veličin, pokud bude projevovat závislost na geografických nebo ekologických charakteristikách. Méně použitelná bude tzv. variabilita mozaiková (Bradshaw), kde ke genetické diferenciaci dochází na malých ploškách.

Vydeme-li z výše uvedených předpokladů, můžeme stručně nastínit hlavní principy metody takto: V genotypu jsou (určitým způsobem) ukryty informace o původu dřeviny pěstované v kultuře. Jelikož sám genotyp je pozorovatelný pouze jako projev své interakce s prostředím, tedy ve formě fenotypu, nemůžeme srovnávat přímo genotypy různých jedinců (populací, proveniencí apod.). Zajistíme-li však totožný faktor prostředí pro všechny srovnávané genotypy, můžeme jej považovat za konstantu a za předpokladu funkční (deterministické) závislosti mezi genotypem a prostředím můžeme zjišťované údaje (fenotypu) považovat za projev genotypu, který sice neměříme v „absolutních“ jednotkách, nicméně však v jednotkách navzájem srovnatelných v dané komparativní kultuře. Komparativní kultura musí být založena ze semene proveniencí (populací, jedinců) známého původu, reprezentativně vybraných z celého areálu přirozeného rozšíření taxonu (klasický provenienční pokus). Na stejné pokusné ploše musí být současně vyseto i semeno z kulturních porostů téže dřeviny, jejichž původ neznáme, avšak z nějakých důvodů znát chceme. Tím zajistíme všemu materiálu jednotné životní podmínky a biometricky měřené fenotypické charakteristiky jednotlivých proveniencí nám dávají informaci o relativních genotypových rozdílech. Po zjištění základních údajů o jednotlivých náhodných veličinách (měřených znacích, charakteristikách) zjišťují se u materiálu z autochtonních porostů závislosti měřených veličin (nebo jejich skupin) na charakteristikách přirozených lokalit, z nichž pocházejí. U druhů (nebo jiných zkoumaných taxonů), jejichž areál je značně rozsáhlý, to bude především závislost na zeměpisné šířce nebo zeměpisné délce místa původu. Naopak u taxonů s malým areálem (např. endemické taxony), kde se zřejmě nemohla vytvořit takto podmíněná variabilita, bude nutno proměnlivost — pokud se vůbec výrazněji projeví — studovat v závislosti na nadmořské výšce původní lokality.

Ze studovaných stochastických závislostí je nutno vybrat ty znaky (závisle proměnné veličiny), jejichž regrese na jedné vybrané (společné) charakteristice původní lokality (např. na zeměpisné šířce nebo délce, na nadmořské výšce, ev. na některém jiném ekologickém nebo klimatickém faktoru — jako na nezávisle proměnné veličině) bude výrazná a závislost úzká. Dalším důležitým požadavkem je, aby závislost vybraných znaků a vlastností zjišťovaných na rostlinách byla výrazná pouze ve vztahu k jedné z výše uvedených charakteristik původní lokality.

Pro takto vybrané dvojice tvořené jednak různými závisle proměnnými veličinami, jednak stále stejnou nezávisle proměnnou veličinou se vypočítají regresní rovnice metodou nejmenších čtverců a zkonstruují grafy. Tím vzniknou modely proměnlivosti jednotlivých znaků rostlin v závislosti na zvoleném faktoru přirozených lokalit.

V další fázi tyto modely použijeme pro určení hypotetických hodnot příslušného faktoru předpokládané původní (přirozené) lokality u té části materiálu našeho srovnávacího růstového pokusu, která pochází z kulturních porostů neznámého původu. Střední hodnoty závisle proměnných charakteristik materiálu neznámého původu se dosadí do modelových regresních rovnic a vypočítají se odpovídající teoretické hodnoty nezávisle proměnné veličiny (např. pomocí průměrné délky jehlic populace neznámého původu se na modelové regresní rovnici zjistí odpovídající teoretická hodnota zeměpisné šířky území v přirozeném areálu rozšíření, na němž předkové dotyčné kulturní populace kdysi rostli). Takto zjištěné teoretické hodnoty budou oscilovat kolem hodnoty skutečné

a můžeme je považovat za náhodné veličiny, dodržíme-li podmínky náhodného výběru základních dat, z nichž byly vypočítány. Provedeme-li tento postup u většího množství znaků nejrozličnějšího charakteru (znaky a vlastnosti semene, semenáčků, sazenic: morfologické, anatomické, růstové, chemotaxonomické, karyotypové, ultramikroskopické aj.), dostaneme pro neznámou kulturní provenienci množinu bodů (nebo intervalů), která by měla obsahovat skutečnou hodnotu zkoumaného faktoru (např. zeměpisné šířky). Vyhodnocením této množiny dostaneme střední hodnotu, která se bude tím více blížit skutečné hodnotě, čím bude rozsáhlejší srovnávací model a čím bude větší počet závislostí, z nichž byla vypočtena.

VYTVOŘENÍ SROVNÁVACÍHO MODELU A VLASTNÍ SROVNÁNÍ

Jako nezávisle proměnné budou asi nejčastěji používány hodnoty reprezentující zeměpisnou šířku nebo délku. Méně obvyklé pravděpodobně bude použití hodnot nadmořské výšky nebo charakteristik klimatu a ekotopu. Volba nezávisle proměnné je velmi důležitou fází. Výběr je nejlépe provést na základě orientačního šetření nebo podle dosavadních zkušeností.

Závisle proměnné budou charakteristiky zjištěné na srovnávacích rostlinách (viz výše).

Vlastní srovnávací model ve své základní formě bude tvořit skupina regresí s jedinou (totožnou) nezávisle proměnnou, které budou mít nejvýhodnější parametry: 1. regresní koeficienty významně odlišné od nuly, přičemž změna nezávisle proměnné o určitou, prakticky použitelnou hodnotu bude vyvolávat změnu závisle proměnné rovněž o prakticky použitelnou hodnotu; 2. korelační koeficienty (nebo indexy korelace) významně odlišné od nuly, budou se ve své absolutní hodnotě co nejvíce blížit jedničce; 3. regrese použitých závisle proměnných na jiných nezávisle proměnných bude zanedbatelná.

Za jednotkový rozdíl závisle i nezávisle proměnné je výhodné zvolit takový interval, který je prakticky použitelný.

Vlastní výpočet regresí pro srovnávací model možno provést podle tohoto postupu (Rod a kol. 1973—1975):

Vydeme z teoretického předpokladu, že střední hodnota náhodné závisle proměnné Y (hodnoty charakteristik zjišťované na rostlinném materiálu) je vázána s reálnou nezávisle proměnnou x (hodnoty charakteristik lokality přirozeného původu) funkcí

$$E(Y) = a + \beta x.$$

Prvním úkolem bude odhadnout regresní koeficienty α , β a ověřit hypotézu $\beta = 0$ (hypotéza významnosti regresního koeficientu). Existuje-li mezi střední hodnotou $E(Y)$ a proměnnou x lineární vztah, odhadujeme regresní koeficienty metodou nejmenších čtverců proložením přímky.

Vlastní výpočet odhadovaných regresních koeficientů (odhady značíme písmeny a a b) můžeme provést podle těchto vzorců (Rod a kol. 1973—1975):

$$a = \bar{y} - b\bar{x},$$

$$b = \frac{\sum(x_i - \bar{x})(y_i - \bar{y})}{\sum(x_i - \bar{x})^2},$$

$$\text{kde } \bar{x} = \frac{1}{n} \sum x_i; \quad \bar{y} = \frac{1}{n} \sum y_i; \quad i = 1, \dots, n.$$

Rovnici empirické regresní přímky pak můžeme psát ve tvaru

$$y = a + bx.$$

Tato regresní přímka nám za jistých předpokladů může sloužit jako model proměnlivosti zvoleného znaku (charakteristiky) rostlinného materiálu y v závislosti na hodnotách zvolených charakteristik původních lokalit x . (Předpoklady byly stanoveny výše.)

Pro vypočítanou regresní přímku je možno určit — za předpokladu normálního rozložení veličiny y se směrodatnou odchylkou σ nezávislou na x — interval spolehlivosti teoretických regresních koeficientů pro vybraný koeficient spolehlivosti $1 - \alpha$, kde α (tzv. riziko nebo hladina významnosti) je zvolené malé kladné číslo menší než jedna (nejčastěji se volí $\alpha = 0,01$ nebo $0,05$). Intervaly spolehlivosti jsou dány mezemi:

$$a - t_{\alpha}(n-2)s_a < a < a + t_{\alpha}(n-2)s_a,$$

$$b - t_{\alpha}(n-2)s_b < b < b + t_{\alpha}(n-2)s_b,$$

kde $t_{\alpha}(n-2)$ je α % kritická hodnota t -rozložení o $f = n - 2$ stupních volnosti; směrodatné chyby regresních koeficientů se počítají podle vzorců:

$$s_a = s \sqrt{\frac{1}{n} + \frac{\bar{x}^2}{\sum(x_i - \bar{x})^2}}; \quad s_b = s \sqrt{\frac{1}{\sum(x_i - \bar{x})^2}};$$

$$s = \sqrt{\frac{\sum(y_i - a - bx_i)^2}{n - 2}}.$$

Výpočet intervalu spolehlivosti regresního koeficientu β nám zároveň nahrazuje test, kterým ověřujeme nulovou hypotézu $H: \beta = 0$. Je-li tato hypotéza zamítnuta, znamená to, že regresní koeficient je na zvolené hladině významnosti (se zvolenou pravděpodobností) průkazně odlišný od nuly a že má tedy smysl další vyhodnocování.

Empirická regresní přímka vypočtená na základě údajů, které jsme získali z materiálu pocházejícího z přirozeného areálu, nám ukazuje, jak se mění střední hodnoty charakteristik závisle proměnných veličin (např. délka jehlic) v závislosti na nezávisle proměnné veličině (např. na zeměpisné šířce původu autochtonního materiálu).

V další fázi si stavíme otázku, jaká hodnota nezávisle proměnné (tedy např. jaká hodnota zeměpisné šířky) odpovídá určité střední hodnotě závisle proměnné veličiny (např. délce jehlic), která byla naměřena na materiálu pocházejícím z rodičů neznámého původu. Odpověď dostaneme dosazením střední hodnoty závisle proměnné veličiny do vypočítané rovnice empirické regresní přímky, jejímž řešením pak dostaneme nezávisle proměnnou x (ve výše uvedeném případě odpovídající hodnotu zeměpisné šířky):

$$x = x(y) = \frac{y - a}{b}.$$

Tento postup opakujeme s tímž materiálem tolikrát, kolik máme vhodných závislostí (regresí) závisle proměnných charakteristik na jedné nezávisle proměnné (např. regrese délky jehlic, výšky semenáčků, tloušťky kořenových krčků a počtu zoubků na jehlicích — na zeměpisné šířce původu). Tím dostaneme množinu hodnot náhodných veličin, která by měla zahrnovat (po doplnění intervaly spolehlivosti) hledanou hodnotu nezávisle proměnné (v našem případě hodnotu zeměpisné šířky místa, z něhož pocházeli předkové materiálu, jehož původ zjišťujeme).

Označíme-li teoretickou hodnotu vypočítané veličiny $x [= x(y)]$, např. ξ , pak se můžeme ptát, v jakém intervalu spolehlivosti (při zvoleném riziku α) se bude ξ u jednotlivých modelových regresních rovnic nacházet. Při výpočtu tohoto intervalu je možno postupovat takto (Hald 1952 — symbolika upravena):

$$x(y) - t_{\alpha}(n-2) s_{x(y)} < \xi < x(y) + t_{\alpha}(n-2) s_{x(y)},$$

přičemž

$$s_{x(y)} = \frac{s}{b_{\alpha}} \sqrt{\left(\frac{1}{k} + \frac{1}{n}\right) \frac{b_{\alpha}}{b} + \frac{(x(y) - \bar{x})^2}{\sum (x_i - \bar{x})^2}};$$

$$b_{\alpha} = b - \frac{t_{\alpha}^2 (n-2) s^2}{b \sum (x_i - \bar{x})^2};$$

$t_{\alpha}(n-2) = \alpha\%$ je kritická hodnota t-rozložení o počtu stupňů volnosti $f = n - 2$;

kde n — počet rostlin známého původu, z nichž byla počítána regrese;

s — odpovídající reziduální směrodatná odchylka — viz výše;

k — počet rostlin neznámého původu, jejichž zeměpisná šířka původní lokality se odhaduje;

y — průměrná hodnota použité charakteristiky rostlin neznámého původu.

Porovnáme-li vypočítané intervaly spolehlivosti, měly by se alespoň do určité míry překrývat. Jejich průnik (úsek, který je obsažen ve všech intervalech) je dán nejvyšší dolní hranicí a nejnižší horní hranicí použitých intervalů. Toto rozmezí nám udává hodnoty (teoreticky), v nichž by se hypotetická veličina ξ měla pohybovat. Spolehlivost každého z původních intervalů je dána výrazem (Rényi 1972)

$$P(D_i < \xi < H_i) = 1 - \alpha_i,$$

kde $i = 1, \dots, z$,

z — počet vypočítaných intervalů spolehlivosti,

D_i — dolní hranice,

H_i — horní hranice intervalu spolehlivosti.

Spolehlivost (zúženého) intervalu získaného průnikem je pak (minimálně)

$$P(\max D_i < \xi < \min H_i) \geq 1 - z\alpha.$$

Vyskytne-li se skutečnost, že průnik některého intervalu s ostatními bude prázdný (nebude se překrývat se všemi ostatními), bude nutno příčiny hledat: a) v ne zcela exaktním provedení pokusů, b) ve stanovení intervalu spolehlivosti s relativně vysokým rizikem, c) v jiných aspektech biologické povahy. Mezi tyto aspekty biologické, resp. genetické povahy musíme zahrnout především skutečnost, že dosud málo víme o genetických změnách jednotlivých charakteristik populací rostoucích v první, druhé, třetí, popř. další generaci v kulturním prostředí. Dá se předpokládat, že některé charakteristiky, a to jejich genetická podstata, se budou měnit vlivem stejných kulturních podmínek rychleji a jiné pomaleji. Pokud se však tyto změny vůbec dají odhadnout, je možno předpokládat, že by do druhé nebo třetí generace neměly hrát takovou úlohu, aby podstatně znehodnotily výsledky pokusů.

Dosavadní úvahy se týkaly pouze lineárních regresních funkcí, které jsou lineární v neznámých parametrech (α, β) a dají se vyjádřit rovnicí přímky. Obdobný postup by se zřejmě mohl dát odvodit i u jiných druhů lineárních regresních funkcí, lineárních v neznámých parametrech, avšak nelineárních v nezávislé proměnné (kvadratická, polynomická, hyperbolická regrese), pokud by se u studovaného materiálu vyskytly.

U nelineárních regresních funkcí se obvykle snažíme o převod na funkci lineární pomocí vhodné transformace (Rod a kol. 1973—1975).

Navrhovaná metoda se může zdát na první pohled málo praktická a obtížně proveditelná. Vycházíme-li však z požadavku zjistit bližší informace o některých významných dřevinách pěstovaných mimo areál přirozeného rozšíření a nemůže-li požadované údaje zjistit historický průzkum, vidíme, že nemáme dosud vyhovujícího prostředku, který by nám při tomto bádání účinně pomohl. Je ovšem málo pravděpodobné, že by se identifikace původu dřevin podle navrhované metody prováděla jako hlavní a jediný úkol. Naopak s výhodou je možno tuto identifikaci zařadit do programu provenienčních pokusů, pokud použitý materiál dostatečně reprezentuje proměnlivost taxonu vzhledem k vybrané nezávisle proměnné veličině, tedy např. k zeměpisné šířce nebo délce apod. Pak stačí mezi studované provenience zařadit i kulturní populaci neznámého původu a porovnávat její charakteristiky s vytvořeným modelem přirozené proměnlivosti v rámci areálu. Zvláště výhodné to bude tam, kde přirozený areál rozšíření vykazuje u této nezávisle proměnné větší rozsah než u jiných veličin.

První pokus byl konán s vejmutovkou (*Pinus strobus* L.), kde ovšem vybrané provenience nereprezentovaly v dostatečné míře proměnlivost v rámci celého areálu přirozeného rozšíření (Musil 1971). I tak však výsledky naznačily, že by nás tato cesta mohla přiblížit k cíli. Ve zmíněném pokuse s vejmutovkou bylo použito 28 proveniencí z oblasti přirozeného rozšíření (Severní Amerika) a 27 kulturních populací z vybraných evropských porostů. Všechno semeno bylo vyseto ve víceméně homogenním prostředí ve školce Účelového lesního závodu Šenov u Ostravy, kde bylo také 3 roky sledováno. Během této doby bylo hodnoceno 15 charakteristik, z nichž bylo později vybráno 5, které vykazovaly zřejmou závislost na zeměpisné šířce místa původu, jejichž korelační koeficienty byly velmi významně odlišné od nuly (riziko $\alpha = 0,01$). Jako závisle proměnné byly použity tyto veličiny: výška 1letých semenáčků, výška 3letých sazenic, tloušťka krčku 3letých sazenic, počet zoubků na jehlicích 3letých sazenic, délka jehlic 3letých sazenic. Z příslušných regresních rovnic byly vypočítány hypotetické hodnoty zeměpisné šířky lokalit v oblasti přirozeného areálu rozšíření — pro kulturní evropské populace neznámého původu. Střední hodnoty zeměpisných šířek vypočítané pro jednotlivé evropské populace kolísaly mezi 38,2° — 42,4°. (Závislosti na zeměpisné délce a nadmořské výšce v daném materiálu nebyly průkazné.)

Uvedený pokus tedy ukazuje, že by evropské populace vejmutovky mohly pocházet z poměrně úzkého pruhu mezi 38° a 43° severní zeměpisné šířky, kde areál vejmutovky dosahuje až k pobřeží Atlantického oceánu a kde leží dva důležité obchodní přístavy — New York a Boston, jejichž poloha je sama o sobě nejvýhodnější pro sběr a vývoz vejmutkového semene. Tato skutečnost tedy mluví ve prospěch správnosti určení původu evropských kulturních populací, který byl stanoven pomocí modelových regresních rovnic.

Navrhovaná metoda by mohla přispět také např. při řešení otázky původu některých vynikajících kulturních populací modřínu a ovšem i jiných dřevin, u nichž se plánují provenienční pokusy a kde současně existují cenné kulturní populace neznámého původu. Předpokladem jejího použití — jak správně zdůraznil lektor tohoto příspěvku doc. J. Pokorný — je růst dřeviny s neznámým původem v takových podmínkách, které by neumožňovaly její sprášení s jinou proveniencí. V opačném případě bychom totiž mohli dostat hybridní potomstvo, které by nemuselo mít pouze znaky populace nebo provenience, jejíž původ bychom chtěli znát. V případě, že by toto nebezpečí hrozilo a nebylo možno je odstranit jiným způsobem (např. odkácením nežádoucích jedinců, skupin nebo porostů) a šlo by o významnou kulturní provenienci, bylo by možno pro získání potřebného osiva do srovnávacího pokusu použít kontrolovaného opylení.

Z teoretického hlediska se může vyskytnout námitka, že genotyp pěstovaný jednu

nebo více generací mimo území svého normálního rozšíření podléhá změnám a není již totožný s genotypem původní lokality. Jisté je, že k takovým změnám dochází. Dá se však očekávat, že tyto změny se zřetelněji projeví až v pozdějších generacích a nebudou větší než případné chyby způsobené nepřesnými metodami a ne zcela homogenním prostředím, v němž srovnávané kultury v praxi rostou. Pro správnost tohoto předpokladu mluví i Denglerovo tvrzení, že speciální vlastnosti různých borovic se mohou přenést na dvě další generace (Schröck 1960). Zřejmě není důvod, proč by tento přenos neměl jít i dále, je-li podmíněn dědičně.

Podobně je možno odpovédět i na námitku, že všechny geneticky podmíněné vlastnosti a znaky populace pěstované v kulturním prostředí nemusejí stejně rychle podléhat změnám podmíněným cizím prostředím.

Větší potíže by mohly nastat v těch případech, kdy jednotlivé charakteristiky studovaných rostlin mají stejně silnou závislost ke dvěma nebo více charakteristikám lokality přirozeného areálu a jejich vliv není možno u materiálu neznámé provenience odlišit.

SOUHRN

Předložená práce se zabývá problémem, jak zjišťovat neznámý původ kulturních populací dřevin v případě, že tuto otázku nemůže vyřešit historický průzkum.

Navrhovaná metoda vychází z předpokladu, že v každé kulturní populaci je v jejím genofondu ukryta informace o původní lokalitě, na které předkové v areálu přirozeného rozšíření rostli. Tato informace se projevuje určitou reakcí na podmínky, v nichž jsou rostliny v kultuře pěstovány. Za normálních okolností tuto informaci, která je reprezentována genotypem, nemůžeme přímo zjišťovat. Její relativní hodnoty je však možno porovnávat tehdy, když pěstujeme jednotlivé populace a provenience v totožném prostředí, což je princip provenienčních pokusů. Faktor prostředí tu má stejnou váhu a rozdíly jsou tedy projevem pouze různě založeného genotypu.

Ve srovnávací kultuře jsou za stejných podmínek pěstovány provenience zvoleného taxonu, které musí být reprezentativním výběrem proměnlivosti z rámce areálu jeho přirozeného rozšíření, společně s kulturními populacemi neznámého původu, které chceme identifikovat. Všechny materiál musí být stejného věku a pěstovaný za stejných podmínek. Zvolíme si charakteristiky, jejichž závislost budeme sledovat. Jako nezávisle proměnné volíme nejčastěji zeměpisnou šířku nebo délku, popř. nadmořskou výšku nebo některé jiné ekologické charakteristiky. Za závisle proměnné veličiny můžeme použít nejrozličnější charakteristiky zjišťované na semeni, semenáčcích, sazenicích, ev. starších rostlinách (charakteristiky růstové, morfologické, anatomické, chemické, karyologické aj.). Závislost jednotlivých dvojic závisle a nezávisle proměnných veličin je stochastická a může být vyjádřena pomocí regresních rovnic, metodou nejmenších čtverců. Z těchto regresních rovnic je nutno vybrat takové, jejichž regresní koeficienty jsou významně odlišné od nuly a navíc dostatečně velké, aby změny, které na závisle proměnné veličině vyvolávají, byly prakticky upotřebitelné. Naopak je požadováno, aby vybrané závisle proměnné veličiny zjišťované na rostlinách vykazovaly pouze zanedbatelnou závislost k jiným nezávisle proměnným veličinám, charakterizujícím lokalitu přirozeného rozšíření. Současně je nutno, aby i korelační koeficienty (ev. koeficienty korelace) u použitých regresí se blížily co nejvíce jedničce a aby byly významně odlišné od nuly. Regresní rovnice, které vyhovují výše uvedeným požadavkům, vytvářejí model proměnlivosti určitých znaků rostlin v závislosti na zvolené charakteristice areálu přirozeného rozšíření (např. na zeměpisné šířce).

Do tohoto modelu (regresních rovnic) dosazujeme za závisle proměnné střední hodnoty obdobných charakteristik zjištěných nebo naměřených v téže srovnávací kultuře

na rostlinném materiálu z kulturní populace, jejíž původ neznáme. Řešením rovnic pak dostaneme řadu hodnot, které doplněny intervaly spolehlivosti podle Halda (1952) by v sobě měly obsahovat neznámý údaj o nezávisle proměnné veličině kulturních populací (s pravděpodobností stanovenou podle Rényiho 1972), tedy např. údaj o hodnotě zeměpisné šířky, na níž předkové této populace rostli. Pro praktické účely pak stačí jednotlivé intervaly spolehlivosti porovnat a stanovit rozpětí, které bude obsaženo ve všech použitých intervalech. V případě, že u některého intervalu nedojde vůbec k průniku s ostatními, je nutno uvážit, zda příčina je ve vysoké hodnotě stanoveného rizika nebo v ne zcela exaktním provedení pokusu, popř. ve skutečnosti, že genetická podstata u některých charakteristik podléhá změně rychleji než u jiných.

Použití této metody, jakkoli se může zdát obtížné a problematické, nemusí vyvolat velké nesnáze. Nejvýhodnější by byla její aplikace u těch dřevin, kde se plánují rozsáhlejší provenienční pokusy a kde máme k dispozici kulturní porosty vysoké hodnoty, avšak neznámého původu, u nichž by bylo užitečné tento původ znát. V takovém případě stačí pouze dodat do normálního provenienčního pokusu k proveniencím, pocházejícím z původního areálu rozšíření, reprezentanty kulturních populací neznámého původu. Je zde ovšem nutno dát pozor, aby použité osivo ze studované kulturní populace nebylo výsledkem sprášení s jinou populací nebo proveniencí. První a ne zcela dokonalý pokus tohoto druhu byl konán s vejmutovkou *Pinus strobus* L. (Musil 1971). I když nebyl použit zcela reprezentativní materiál, výsledky byly povzbudivé. Vypočítané hodnoty byly prakticky totožné s výsledky získanými logickými úvahami jiného typu.

Došlo dne 11. 9. 1975

Literatura

1. HALD, A.: Statistical Theory with Engineering Applications. New York - London, 1952
2. HEYWOOD, V. H.: Taxonomie der Pflanzen. Německý překlad práce Plant Taxonomy, 1971
3. HRUBÝ, K.: Genetika. 1961, Praha
4. MUSIL, I.: K otázce původu evropských vejmutovkových porostů. Čas. Slez. muzea (Opava, ČSSR), 1971, No. 2, s. 129-133
5. RÉNYI, A.: Teorie pravděpodobnosti. 1972, Praha
6. ROD, J. a kol.: Biometrika 1-13. Rotaprint, skripta pro posluchače PGS biometrika, UJEP Brno, 1973
7. SCHRÖCK, O.: Předpoklady a zakládání lesnických genetických provenienčních pokusů. Lesnictví 6, 1960, s. 673-678
8. SIRKS, M. J.: General genetics. The Hague, 1956 (non vidi)
9. SVOBODA, P.: Dendrologie Slovenského středohoří. Část 1. Koncepce Pohronského krajinného parku. Folia dendrologica — Supplementum (Mlyňany), 1974, 1, 154 s.

Проект метода идентификации происхождения выращиваемых в культуре древесных пород

Представленная работа посвящена проблеме определения неизвестного происхождения культурных популяций древесных пород в случае, если этот вопрос не представляется возможным решить путем исторического обследования.

Предлагаемый метод исходит из предположения, что в генофонде каждой культурной популяции скрывается информация об аборигенном местопроизрастании. При нормальных условиях эту информацию, представляемую генотипом, мы не можем прямо определять. Ее относительные значения можно, однако, сопоставлять тогда, когда мы отдельные популяции и происхождения выращиваем в тождественной среде, что и является принципом опытов по установлению происхождения. В сравнительной культуре в равных условиях выращиваются происхождения избранного таксона (которые должны быть представительным отбором изменчивости из ареала его естественного распространения) вместе с культурными популяциями неизвестного происхождения, которые желательно идентифицировать.

В качестве независимо переменных чаще всего избирают географическую широту или долготу, при случае высоту над уровнем моря, или какие-нибудь иные экологические характеристики. В качестве зависимо переменных величин можно использовать самые разнообразные характеристики, определяемые у семян, сеянцев, саженцев или растений старшего возраста (ростовые, морфологические, анатомические, химические, кариологические и другие характеристики). Зависимость отдельных пар зависимо и независимо переменных величинности по Халду (Халд 1952) — должны были бы содержать в себе неизвестную информации, методом наименьших квадратов. Из этих регрессионных уравнений следует выбрать такие, регрессионные коэффициенты которых значимо отличаются от нуля и сверх того достаточно велики для того, чтобы изменения, которые они у зависимо переменной величины вызывают, были применимы на практике. В эти регрессионные уравнения мы вместо зависимо переменных подставляем средние значения аналогичных характеристик, установленных или замеренных в той же сравнительной культуре на растительном материале, происходящем из культурной популяции, происхождение которой нам не известно. В результате решения уравнений мы получаем ряд значений, которые — будучи дополнены интервалами надежности по Халду (Халд 1952) — должны были бы содержать в себе неизвестную информацию о независимо переменной величине культурных популяций (с вероятностью, установленной по Рени 1972).

Применение этого метода, сколько бы оно не казалось сложным и проблематичным, не должно вызвать больших затруднений. Самым выгодным было бы его использование у тех древесных пород, у которых планируются широкие опыты с происхождениями и где имеются в распоряжении культурные лесонасаждения высокой ценности, но неизвестного происхождения. Первый и не совсем совершенный опыт этого рода был произведен с веймutoвой сосной *Pinus strobus* L. (Мусил 1971).

Suggestion of a Method for Identification of the Origin of Wood Species Grown in Culture

The study tries to solve a problem of identifying the unknown origin of culture populations of wood species in such a case in which a question of identifying cannot be solved by historical inquiry.

The suggested method presupposes that in a genofund of every cultural population an information can be found about the original locality. This piece of information which is represented by the genotype can not be found directly under ordinary circumstances. Its relative values can be then compared, when individual populations and provenances are grown in the identical environment, which is a principle of provenance experiments. Provenances of chosen taxon are grown under the same conditions in the comparative culture. These provenances represent a representative choice of variability from the framework of area of its natural distribution together with cultural populations of the unknown origin which are a subject of identification.

Latitude, longitude and altitude or some other ecological characters are chosen as arguments. As dependant variables there can be chosen various characters found out on seeds, seedlings, plants or older plants (growing, morphological, anatomical, chemical and karyological characters etc.). Dependence of individual couples of arguments and dependant variable quantities is stochastic and can be expressed with help of regressive equations of the least squares. It is necessary to choose those regressive equations whose regressive coefficients are significantly different from zero and in addition, which are big enough for changes raised on dependant variable to be of practical use. Into the regressive equations we substitute intermediate values of comparable characters found out or measured in the same comparative culture on the plant material, coming from culture population whose origin is not known. After solving the equations we get a series of values which — complemented by confidence intervals after Hald (Hald 1952) — should include the unknown datum about the argument quantity of culture populations (with probability assessed after Rényi 1972).

Use of this method, however it seems to be difficult and problematic, need not call forth any difficulties. The most advantageous would be its application at such wood species, where extensive provenance experiments are planned and where we have at disposal the culture stands of high quality but unknown origin. The first, but not fully perfect experiment of this kind was carried out with pine *Pinus strobus* L. (Musil 1971).

Projet de méthode relative à l'identification de l'origine des essences cultivées dans la plantation

Le travail présenté s'occupe du problème, comment identifier l'origine inconnue des populations d'essences cultivées, lorsque l'investigation historique ne peut résoudre cette question.

La méthode proposée part de l'hypothèse que dans chaque population cultivée il se cache dans son génofonds l'information sur la localité initiale. Dans les conditions normales nous ne pouvons pas identifier directement cette information qui est représentée par le génotype. On peut cependant comparer ses valeurs relatives si l'on cultive les populations et les provenances particulières dans le milieu identique, ce qui est le principe des essais de provenance. Dans les cultures comparatives sont cultivées dans les mêmes conditions les provenances du taxon choisi — qui doivent être l'échantillon représentatif de la variabilité existant dans le cadre de l'aréal de son extension naturelle — en commun avec les populations cultivées d'origine inconnue que nous voulons identifier.

Comme variables indépendantes on choisit le plus souvent la latitude ou la longitude, le cas échéant l'altitude, ou certaines autres caractéristiques écologiques. Comme grandeurs variables dépendantes nous pouvons utiliser les caractéristiques les plus diverses, identifiées sur la graine, les semis, les plants ou les plantes plus âgées (caractéristiques de croissance, morphologiques, anatomiques, chimiques, caryologiques et autres). La corrélation des couples particuliers des grandeurs variables dépendantes et indépendantes est stochastique et peut être exprimée par les équations de régression, en appliquant la méthode des moindres carrés. Sur ces équations de régression il faut choisir celles, dont les coefficients de régression diffèrent significativement du zéro et sont en plus suffisamment grands, pour que les changements qu'ils provoquent sur la grandeur variable indépendante, soient pratiquement utilisables. Dans ces équations de régression nous substituons les variables dépendantes aux valeurs moyennes des caractéristiques analogues, identifiées ou mesurées dans la même culture comparative sur le matériel végétal, provenant de la population cultivée, dont l'origine est inconnue. En trouvant la solution des équations, nous obtenons ensuite une série de valeurs qui — complétées d'intervalles de confiance selon Hald (Hald 1952) — devraient comprendre la donnée inconnue sur la valeur variable indépendante des populations cultivées (avec probabilité déterminée selon Rényi 1972).

Il n'est pas absolument nécessaire que l'application de cette méthode — quoiqu'elle puisse paraître difficile et problématique — soulève de grandes difficultés. Son application la plus avantageuse serait celle aux essences qui donnent lieu à la planification des essais étendus de provenance et où l'on a à la disposition des peuplements cultivés de grande valeur, mais d'origine inconnue. Le premier essai de ce genre, mais pas tout à fait parfait, a été effectué sur le pin Weymouth, *Pinus strobus* L. (Musil 1971).

Adresa autora:

Ing. Ivan Musil, Lesní závod Vítkov, okr. Opava

HICKIN, N. E.: HMYZ JAKO FAKTOR PŘI POŠKOZENÍ DŘEVA. (THE INSECT FACTOR IN WOOD DECAY). 1975, LONDON

V úvodu knihy jsou shrnuty obecné poznatky o dřevě, jeho významu, původu, chemických, fyzikálních a mechanických vlastnostech.

Podstatná část knihy je věnována problematice dřevokazných brouků jako nejvýznamnějšího hmyzího faktoru. Jde zejména o zástupce z čeledí *Anobiidae* (červotočovití), *Cerambycidae* (tesaříkovití), *Lyctidae* (hrbohlavovití), *Bostrychidae* (korovníkovití), *Platypodidae* (jádrohlodovití), *Scolytidae* (kůrovcovití), v menší míře *Buprestidae* (krascovití), *Curculionidae* (nosatcovití), *Lymexilidae* (lesanovití), *Eucnemidae*, *Melandryidae* (lencovití), *Oedemeridae* (stehenáčovití), a *Lucanidae* (roháčovití). Velmi stručně se autor zmiňuje o zástupcích jiných řádů, kteří se na poškození dřeva podílejí (vosy, včely, mravenci, motýli, jepice). Jedna kapitola je též věnována termitům a jejich významu v evropských podmínkách, zejména ve Velké Británii.

Významnými škůdci dřeva se autor zabývá velmi podrobně. Pojednává o jejich rozšíření ve světě a ve Velké Bri-

tánii, ekonomickém významu, morfologii a problematice determinace. V řadě případů jsou zařazeny klíče rodů, podčeledí nebo čeledí, sestavené pro druhy vyskytující se ve dřevě. Autor se rozepisuje o poznatcích z biologie a ekologie těchto druhů a vypočítává i jejich parazity a predátory.

Závěrečné části knihy jsou věnovány podmínkám výskytu a metodám ochrany dřeva, výrobků ze dřeva a dřevěných staveb proti hmyzu a stručnému popisu laboratorních metod užívaných při výzkumu ochrany dřeva, včetně charakteristiky používaných testů.

Autor byl zaměstnán třicet let u firmy Rentokil, zabývající se ochranou dřeva, z toho patnáct let řídil oddělení výzkumu. Do své knihy vložil řadu zkušeností z praktické ochrany i výzkumu metod ochrany dřeva. Publikace o 383 stranách s 216 obrázky je koncipována tak, že z ní mohou těžit jak pracovníci, kteří se hubením škůdců ve dřevě zabývají přímo, tak i pracovníci výzkumu a vysokých škol.

Ing. Jan Jirátko, Ústav vědeckotechnických informací pro zemědělství, Praha

BITVINSKAS T. T.: DENDROKLIMATICKÉ VÝSKUMY (DENDROKLIMATIČESKIJ E ISSLEDOVANIIJA). 1974, LENINGRAD

Autor — popřední sovětský dendroklimatolog — předkládá veřejnosti dílo, sice neveľké svým rozsahem, ale o to významnější svým obsahem. Například tomu, že zo ZSSR, ako aj z krajín západnej Európy a Severnej Ameriky sú známe prvé dendroklimatologické práce z konca minulého storočia (A. N. Beketov 1868, F. N. Švedov 1892), chýbalo doteraz dílo, ktoré by vnášalo súborný pohľad do problematiky dendroklimatológie a dendrochronológie.

Monografia sa delí na štyri kapitoly: Prvá z nich Sledovanie ročného hrúbkového prírastku stromov a porastov je venovaná literárnemu prehľadu vývoja dendrochronológie a dendrokli-

matológie a ich postaveniu v hierarchii vedných disciplín. Literárny prehľad je precízne vypracovaný a jeho doplnkom je zoznam citovanej literatúry, ktorý obsahuje 266 titulov (z toho 125 v ruskom jazyku).

Druhá kapitola Program a metodika dendroklimatických výskumov pojednáva o metodologických otázkach terénnych a kancelárskych prác pri získavaní prvotných dendrochronologických údajov, o metódach ich klasifikácie a kritériách verifikácie. Posledné dve podkapitoly sú venované aplikácii dendroklimatických metód v lesnom hospodárstve, najmä pri hodnotení efektívnosti melioračných úprav, pri hodnotení intenzity biotických

poškodení (hmyz, huby), pri stanovení bežného ročného prírastku, ako aj pri aplikácii v nelesníckych vedných disciplínach (archeológia, etnografia, astrofyzika a pod.).

Tretia kapitola Niektoré zákonitosti premenlivosti hrúbkového prírastku sa delí na dve podkapitoly, ktoré sú venované rozboru problematiky ročných a periodických indexov ako spôsobu skúmania premenlivosti hrúbkového prírastku, ktoré ďalej môžu slúžiť ako vhodné bonitačné kritérium.

Posledná kapitola Hrúbkový prírastok, jeho vzťah ku klimatickým faktorom a možnosti prognózovania zmien klímy je venovaná analýze klimatických faktorov podmienujúcich hrúbkový prírastok (jednoduché a komplexné klimatické faktory, slnečná aktivita a pod.) a problémom dlhodobého sledovania a prognostiky klimatických zmien na základe dendroklimatických pozorovaní.

Prednosťou diela je jeho súborný pohľad do problematiky dendroklimatológie a dendrochronológie, ako aj interpretácia výsledkov pri riešení niektorých úloh v lesnom hospodárstve. Keďže je to prvá monografia svojho druhu, je i táto zafarbená niekoľkými nedostatkami, ktoré buď chýbajú v osnove publikácie, alebo sa im nevenovala dostatočná pozornosť (aj keď sa v texte ako problém

spomínajú). Tak sa autor v druhej kapitole vyhol súčasným metódam spracovania dát (jednoduché a viacnásobné regresné analýzy, analýzy variancie.) Pri dendroklimatických štúdiách má veľkú perspektívu aj použitie multivariačných metód, ktoré prispejú k stanoveniu podielu faktorov (napr. klimatických) na zmenách v produktivnosti biologických populácií.

Cenným doplnkom recenzovanej publikácie sú prvotné tabuľky s dendroklimatickými dátami z porastov borovice sosny, ktoré charakterizujú produktivnosť cenóz v rôznych častiach jej areálu v európskej časti ZSSR. Uvedené sú šírky letokruhov a ročné indexy pre jednotlivé typy fytoocenóz v ťahoch najmenej 100ročných.

Niekoľko obsahových nedostatkov neznižuje hodnotu recenzovanej publikácie. Sú len poukázaním na intenzitu dynamického vývoja dendroklimatológie ako vednej disciplíny. Publikácia je prvou monografiou svojho druhu (ak nepočítame Zborníky z dvoch dendroklimatických vedeckých konferencií konaných v roku 1968, 1971) v ZSSR a bude preto cennou príručkou pre vedeckých pracovníkov — lesníkov, ekológov, pedológov, paleobotanikov, klimatológov, archeológov, etnografov a i., ktorým sa dnes dendroklimatológia a dendrochronológia stala pracovnou metódou.

Ing. Ladislav Paule, Lesnícka fakulta VSLD, Zvolen

Podepsáno k tisku 11. 1. 1977.

Fiala A., Hanusová V.: Fyziologická a hygienická studie některých pěstebních prací v lesnictví	685
Stolařík R., Joachimsthaler J., Chaloupková E.: Ergonomické problémy ruční práce v lesních školkách	701
Jandel R., Koreň J.: Problematika beztrieskového (nožového) prerezávání dřeva v prevádzke lesného hospodárstva	723
Musil I.: Návrh metody na identifikaci původu dřevin pěstovaných v kultuře	747

Aktuality

Jirátko J.: Hickin N. E.: Hmyz jako faktor při poškození dřeva. 1975, Londýn	757
Paule L.: Bitvinskas T. T.: Dendroklimatické výskumy. 1974, Leningrad	757

Příloha

Matematické metody v lesnictví

Rádl P.: Rovinné křivky	73
-----------------------------------	----

СОДЕРЖАНИЕ

Фиала А., Ганусова В.: Физиологическое и гигиеническое обследование некоторых видов работ в лесоводстве	698
Столаржик Р., Йоachimсталер Й., Халоупкова Е.: Некоторые эргономические проблемы в лесных питомниках	721
Яндель Р., Корень Я.: Проблематика бесстружечной распиловки древесины в лесоэксплуатации	745
Мусил И.: Проект метода идентификации происхождения выращиваемых в культуре древесных пород	754

Новости

Йиратко Я.: Хикин Н. Э.: Насекомые как фактор повреждения древесины. 1975, Лондон	757
Пауле Л.: Битвинскас Т. Т.: Дендроклиматические исследования. 1974, Ленинград	757

Приложение

Математические методы в лесном хозяйстве

Радл П.: Кривые на плоскости	73
--	----

CONTENTS

Fiala A., Hanusová V.: Physiological and Hygienic Study of Some Silvicultural Works in Forestry	699
Stolařík R., Joachimsthaler J., Chaloupková E.: Some Ergonomical Problems in the Forest Nurseries	721
Jandel R., Koreň J.: Problems of Chipless Wood Sawing in Forestry	745
Musil I.: Suggestion of a Method for Identification of the Origin of Wood Species Grown in Culture	755

Topical News

Jirátko J.: Hickin N. E.: The Insect Factor in Wood Decay. 1975, London	757
Paule L.: Bitvinskas T. T.: Dendroclimatic Research. 1974, Leningrad	757

Supplement

Mathematical Methods in Forestry

Rádl P.: Planar Curves	73
----------------------------------	----

Fiala A., Hanusová V.: Physiologische und hygienische Studien zu einigen Pflegearbeiten in der Forstwirtschaft	699
Stolařík R., Joachimsthaler J., Chaloupková E.: Ergonomische Probleme bei der Handarbeit in den Baumschulen	722
Jandel R., Koreň J.: Problematik des spanlosen Holzsägens in der Forstwirtschaft	En 745
Musil I.: Entwurf der Methode zur Identifikation des Ursprungs der in der Kultur gepflegten Holzarten	En 755

Aktualitäten

Jirátko J.: Hickin N. E.: Insekten als Faktor bei Holzbeschädigung. 1975, London	757
Paule L.: Bitvinskas T. T.: Dendroklimate Forschung. 1974, Leningrad	757

Beilage

Mathematische Methoden in der Forstwirtschaft

Rádl P.: Flächenkurven	73
------------------------	----

TABLE DES MATIÈRES

Fiala A., Hanusová V.: L'étude physiologique et hygiénique de certains procédés culturaux en sylviculture	700
Stolařík R., Joachimsthaler J., Chaloupková E.: Quelques problèmes ergonomiques dans les pépinières forestières	722
Jandel R., Koreň J.: La problématique du sciage du bois sans copeaux dans l'exploitation forestière	746
Musil I.: Projet de méthode relative à l'identification de l'origine des essences cultivées dans la plantation	756

Actualités

Jirátko J.: Hickin N. E.: Les insectes en tant que facteur d'endommagement du bois. 1975, Londres	757
Paule L.: Bitvinskas T. T.: Les recherches dendroclimatiques. 1974, Leningrad	757

Annexe

Les méthodes mathématiques en sylviculture

Rádl P.: Courbes planes	73
-------------------------	----

LESNICTVÍ č. 10/1976

otiskuje tyto práce:

Šindelář J.: První výsledky provenienčního výzkumu olše lepkavé (<i>Alnus glutinosa</i> [L.] Gaertn.)	
Bucek J.: Smrkové zmlazení ve vývojových stadiích kulturních smrčů na stanovišti kyselých jedlobučů (MMS) Trutnovské pahorkatiny	
Červinková H.: Dezinfekce kompostové zeminy Nematinem	
Švestka M., Vaňková J.: Působení umělého deště na perzistenci spor <i>Bacillus thuringiensis</i> Berl.	
Lasák M.: Prognóza vývoje výměry lesní půdy ČSSR do roku 2000	

Aktuality

Příhoda A.: Perspektivy pěstování jedlých hub v Československu	
Hochmut R.: Biologické metody boje se škůdci lesa. Zvolen, 22.—26. září 1975	
Pelišek J.: Vaičys M. V.: Geneze a vlastnosti lesních půd jižního Pobaltí. 1975, Vilnius	

Lesnictví č. 10/1976 stojí 12,— Kčs. Objednávky přijímá

Ústav vědeckotechnických informací pro zemědělství, Slezská 7, 120 56 Praha 2,
Poštovní novinová služba, Jindřišská 14, 110 00 Praha 1

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

MATEMATICKÉ METODY V LESNICTVÍ

P. Rádí: Vybrané statě z teorie křivek

PŘÍLOHA LESNICTVÍ 22 (XLIX), 1976, ČÍSLO 9

ROVINNÉ KŘIVKY

KLASIFIKACE KŘIVEK

V této kapitole uvedeme základní pojmy z teorie rovinných křivek, tj. křivek jejichž všechny body leží v jediné rovině.

Úmluva. Místo termínu „rovinná křivka“ budeme v dalším používat pouze stručného termínu „křivka“, přičemž budeme mít na mysli vždy křivku rovinnou.

Křivky klasifikujeme z různých hledisek. Jedno takové rozdělení křivek, které vychází z jejich názorného zobrazení (grafu), je rozdělení na:

— Křivky, pro které známe pouze graf, ale neznáme matematické vyjádření. To jsou tzv. křivky empirické.

— Křivky, pro které známe matematické i grafické vyjádření. Tyto křivky se dále dělí na algebraické a transcendentní.

V tomto stručném přehledu se omezíme pouze na křivky algebraické a transcendentní; empirické křivky ponecháme stranou.

V E_2 zvolme kartézskou soustavu souřadnic $\langle P, x, y \rangle$.

Definice 1. Necht I je libovolný interval a necht jsou dány reálné funkce reálné proměnné t

$$x = x(t), \quad y = y(t), \quad t \in I, \quad (1)$$

které splňují tyto předpoklady:

1. jsou spojité na I i se svými alespoň prvními derivacemi,

2. derivace $\frac{dx}{dt}, \frac{dy}{dt}$ nejsou pro všechna $t \in I$ zároveň rovny nule. Množinu všech bodů v E_2 , jejichž kartézské souřadnice x, y vyhovují rovnicím (1), nazveme křivkou. Rovnicím (1) říkáme parametrické rovnice křivky, proměnné t parametr bodu na křivce.

Věta 1. Křivka je svými parametrickými rovnicemi určena jednoznačně.

Definice 2. Bod křivky, kterému odpovídá pouze jedna hodnota parametru $t \in I$ a v němž nejsou zároveň rovny nule derivace $\frac{dx}{dt}, \frac{dy}{dt}$ se nazývá regulární bod křivky. Každý jiný bod křivky nazýváme bodem singulárním.

Definice 3. Křivka, která obsahuje pouze regulární body, se nazývá regulární. Ostatní křivky se nazývají singulární.

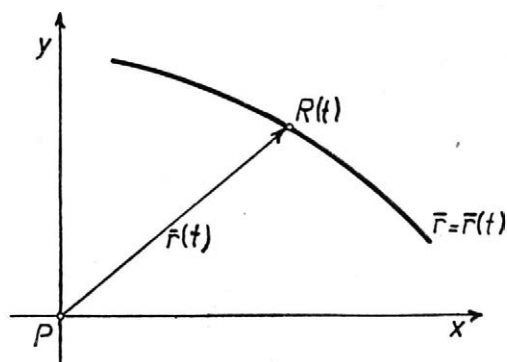
Podle definice 1. a věty 1. odpovídá každému $t \in I$ právě jeden bod $R(t)$ křivky. Přiřadíme tomuto bodu jeho průvodič $\vec{r}(t)$ obr. 1. Tento průvodič je vlastně funkcí parametru t . Takže můžeme psát

$$\vec{r} = (x(t), y(t))$$

nebo stručně

$$\vec{r} = \vec{r}(t). \quad (2)$$

Rovnice (2) se nazývá vektorová rovnice křivky.



1.

Jestliže za parametr volíme v rovnicích (1) proměnnou x , pak

$$y = y(x), \quad x \in I$$

udává tzv. explicitní tvar rovnice křivky. Eliminací parametru t z rovnic (1) dostáváme implicitní tvar

$$f(x, y) = 0 \quad (3)$$

rovnice křivky.

Je-li funkce f v rovnici (3) polynom v proměnných x, y , pak se daná křivka nazývá algebraická. Není-li f polynomem, křivka se nazývá transcendentní.

Příklad 1. V kartézské soustavě souřadnic $\langle P, x, y \rangle$ má kružnice o poloměru $r > 0$ se středem v počátku P parametrické rovnice $x = r \cos t, y = r \sin t; r > 0, t \in \langle 0, 2\pi \rangle$. Umocněním a sečtením těchto rovnic dostaneme implicitní tvar rovnice kružnice $x^2 + y^2 - r^2 = 0$. Kružnice je tedy algebraická křivka.

Příklad 2. Rovnici obecné sinusoidy můžeme v kartézské soustavě souřadnic uvést na tvar

$$y = a \sin bx; \quad ab \neq 0, \quad x \in (-\infty, \infty).$$

Obecná sinusoida je tedy transcendentní křivka.

Aby matematické věty měly obecnou platnost, zavádíme v algebře pojem imaginárnosti čísla. Potom např. platí: Kvadratická rovnice má dva kořeny (reálné různé, reálné splývající, imaginárně sdružené). Abychom mohli algebraické výsledky důsledně aplikovat v geometrii a aby tudíž geometrické věty platily stejně tak obecně jako algebraické, zavádíme v geometrii pojem imaginárního bodu (aspoň jedna jeho souřadnice je číslo imaginární). Potom např. platí: Přímka protíná kružnici ve dvou bodech (reálných různých, reálných splývajících, imaginárně sdružených). Místo reálné roviny, tj. místo

množiny všech bodů $[x, y]$, kde x, y jsou reálná čísla, uvažujeme tedy rovinu komplexní, tj. množinu všech bodů $[x, y]$, kde x, y jsou komplexní čísla.

Věta 2. V komplexní rovině platí:

1. Spojnice dvou imaginárních bodů je imaginární přímka.
2. Spojnice dvou imaginárně sdružených bodů je reálná přímka.
3. Imaginární přímka obsahuje právě jeden reálný bod.
4. Dvě imaginárně sdružené přímky se protínají v reálném bodě.

Úmluva. Všechny další úvahy budeme provádět v komplexní rovině.

Úmluva. Písmeny i, j, m, n, q, r, s budeme v dalších kapitolách z teorie rovinných křivek značit výhradně přirozená čísla.

ALGEBRAICKÉ KŘIVKY

Definice 4. Necht $f(x, y)$ je polynom n -tého stupně v proměnných x, y s reálnými koeficienty, z nichž aspoň jeden je různý od nuly

$$f(x, y) = \sum_{i,j=0}^n a_{ij} x^i y^j, \quad i + j \leq n.$$

Množinu všech komplexních bodů v rovině, jejichž kartézské souřadnice vyhovují rovnici $f(x, y) = 0$, nazveme algebraickou (rovinnou) křivkou.

Zřejmě rovnice $k \cdot f(x, y) = 0, k \neq 0$ je rovnice téže křivky jako $f(x, y) = 0$.

Definice 5. Stupněm algebraické křivky $f(x, y) = 0$ nazýváme stupeň polynomu $f(x, y)$.

Algebraická křivka stupně $n = 1$ je přímka,
 $n = 2$ je kuželosečka,
 $n = 3$ se nazývá kubika,
 $n = 4$ se nazývá kvartika atd.

Rovnici algebraické křivky stupně n lze psát ve tvaru

$$u_n(x, y) + u_{n-1}(x, y) + \dots + u_1(x, y) + u_0 = 0, \quad (4)$$

kde u_i ($i = 1, 2, \dots, n$) je forma i -tého stupně v proměnných x, y . Protože forma i -tého stupně o dvou proměnných obsahuje $i + 1$ členů, má rovnice (4)

$$1 + 2 + \dots + (n + 1) = \frac{(n + 1)(n + 2)}{2}$$

členů. Tolik je také koeficientů v rovnici algebraické křivky stupně n . Poněvadž rovnice $f(x, y) = 0$ a $k \cdot f(x, y) = 0$ ($k \neq 0$) vyjadřují tutéž křivku, je algebraická křivka určena jednoznačně, jsou-li známy poměry koeficientů v její rovnici. K jednoznačnému určení poměrů $N + 1$ koeficientů je třeba N lineárních homogenních rovnic, jejichž soustava má hodnotu N . V našem případě je

$$N = \frac{(n + 1)(n + 2)}{2} - 1 = \frac{n(n + 3)}{2}.$$

Věta 3. Algebraická křivka stupně n je jednoznačně určena $N = \frac{n(n + 3)}{2}$ lineárně nezávislými lineárními podmínkami.

K lineární podmínce (rovnici) pro koeficienty vede například požadavek, aby křivka procházela daným bodem. Je-li tedy dáno N bodů, jimiž má křivka procházet, dostáváme soustavu N homogenních lineárních rovnic, které určují křivku jednoznačně, jestliže hodnota této soustavy je N . Takovou skupinu N bodů nazýváme obecnou skupinou bodů.

Věta 4. Algebraická křivka stupně n je jednoznačně určena obecnou skupinou $N = \frac{n(n+3)}{2}$ bodů.

Příklad 3. Pro $n = 1, 2, 3, \dots$ je $N = 2, 5, 9, \dots$, takže přímka je určena dvěma různými body; kuželosečka je určena pěti různými body, z nichž čtyři neleží v přímce atd.

Definice 6. Bod algebraické křivky stupně n o rovnici $f(x, y) = 0$ se nazývá r -násobným ($r \geq 1$), jsou-li v tomto bodě rovny nule všechny parciální derivace řádu $r - 1$ funkce f , avšak aspoň jedna z parciálních derivací řádu r funkce f je v tomto bodě od nuly různá.

Definice 7. Bod jednonásobný se nazývá regulární, bod vícenásobný ($r > 1$) singulární.

Příklad 4. Určíme násobnost bodů $[1, 0]$ a $[2, 0]$ kubiky

$$x^3 - y^3 - 5x^2 + 8x - 4 = 0.$$

$$f_x = 3x^2 - 10x + 8,$$

$$f_y = 3y^2,$$

$$f_{xx} = 6x - 10,$$

$$f_{yy} = 6y.$$

$$f_x(1, 0) = 3 - 10 + 8 = 1 \neq 0 \Rightarrow \text{bod } [1, 0] \text{ je regulární.}$$

$$x(2, 0) = 0, \quad f_y(2, 0) = 0, \quad f_{xx}(2, 0) = 2 \neq 0 \Rightarrow \text{bod } [2, 0] \text{ je singulární (dvojnásobný).}$$

Definice 8. Algebraickou křivku $f(x, y) = 0$ budeme nazývat ireducibilní (reducibilní) neboli nerozložitelnou (rozložitelnou), když polynom $f(x, y)$ je ireducibilní (reducibilní).

Jestliže $f = f_1 \cdot f_2 \dots f_r$, pak každá rovnice $f_i = 0$, $i = 1, 2, \dots, r$ definuje nějakou křivku, která je součástí křivky $f = 0$. Říkáme, že křivka $f = 0$ je složena z křivek $f_i = 0$. Stupeň křivky $f = 0$ je roven součtu stupňů jejich součástí $f_i = 0$.

Věta 5 (Bézoutova). Dvě algebraické křivky stupňů n, m , které nemají společnou součást, mají právě $n \cdot m$ společných bodů, jestliže r -násobný průsečík počítáme za r společných bodů.

Větu je třeba doplnit poučením, jak se určí násobnost průsečíků dvou algebraických křivek. Bod, který je na jedné křivce r -násobný, na druhé s -násobný a v němž nemají křivky společné tečny, je právě rs -násobným průsečíkem obou křivek. Mají-li křivky v tomto bodě q společných tečen, je tento bod průsečíkem alespoň $(rs + q)$ -násobným.

Společné body dvou algebraických křivek určíme, když nalezneme všechny uspořádané dvojice čísel, které vyhovují zářevěm rovnicím obou křivek.

Příklad 5. a) Společný bod, který je regulární na obou křivkách, je jednoduchým průsečíkem obou křivek, nemají-li v něm křivky společnou tečnu; je průsečíkem alespoň dvojnásobným, mají-li křivky v tomto bodě společnou tečnu.

- b) $n = 1, m = 1 \Rightarrow nm = 1 \Rightarrow$ dvě přímky se protínají v jednom bodě.
 c) $n = 2, m = 1 \Rightarrow nm = 2 \Rightarrow$ přímka protíná kuželosečku ve dvou bodech.
 d) $n = 2, m = 2 \Rightarrow nm = 4 \Rightarrow$ dvě kuželosečky se obecně protínají ve čtyřech bodech.

Důsledek. Jestliže algebraické křivky stupňů n, m mají více než nm společných bodů, pak mají společnou součást.

Věta 6. Přímka je buď součástí algebraické křivky stupně n , nebo ji protíná v n bodech, počítáme-li každý průsečík s příslušnou násobností.

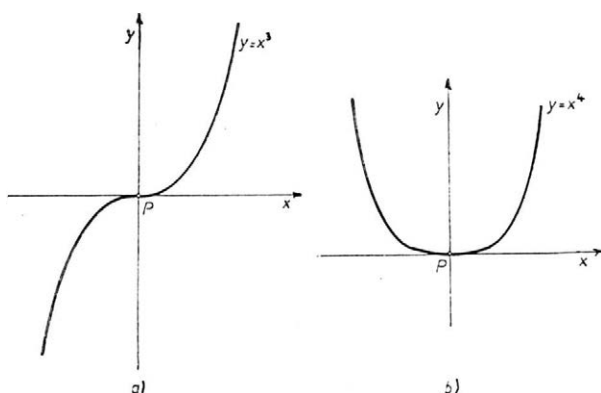
Poznámka. Tato věta dává stupni algebraické křivky geometrický význam.

Věta 7. Necht' T je r -násobným bodem ($r \geq 1$) algebraické křivky stupně n . Ve svazku přímek s vrcholem T existuje právě r přímek, z nichž každá má bod T za průsečík aspoň $(r + 1)$ -násobný s křivkou. Každá jiná přímka tohoto svazku má bod T za průsečík právě r -násobný s křivkou.

Definice 9. Přímka jdoucí r -násobným bodem T křivky, která má bod T za průsečík aspoň $(r + 1)$ -násobný s křivkou, se nazývá tečna křivky v bodě T . Bod T se nazývá bod dotyku.

Je-li $r = 1$, je bod T regulárním bodem a existuje v něm právě jedna tečna. Má-li tato tečna bod T s křivkou za průsečík právě dvojnásobný, mluvíme o obyčejné tečně. Má-li však tato tečna bod T s křivkou za průsečík q -násobný ($q > 2$), nazývá se inflexní. Pro q liché proniká tečna křivkou (obr. 2a), pro q sudé křivkou neproniká (obr. 2b). Příslušný bod dotyku se nazývá inflexní bod.

Poznámka. V matematické analýze se inflexní bod definuje poněkud jiným způsobem a má jiný význam.



2.

Věta 8. Necht' $T = [x_0, y_0]$ je regulární bod křivky $f(x, y) = 0$. Tečna křivky v tomto bodě má pak rovnici

$$(x - x_0)f_x(x_0, y_0) + (y - y_0)f_y(x_0, y_0) = 0.$$

Příklad 6. Hledejme rovnici tečny křivky $x^n - y = 0$ v bodě $T = [0, 0]$ — obr. 2.

$$\begin{aligned} \text{Je} \quad f_x &= nx^{n-1}, & f_x(0, 0) &= 0, \\ f_y &= -1, & f_y(0, 0) &= -1, \end{aligned}$$

takže hledaná tečna má rovnici

$$(x - 0) \cdot 0 + (y - 0)(-1) = 0,$$

$$\text{tj.} \quad y = 0.$$

Je-li $r = 2$, je bod T singulárním bodem křivky a existují v něm právě dvě tečny, které mají bod T za průsečík aspoň trojnásobný s křivkou.

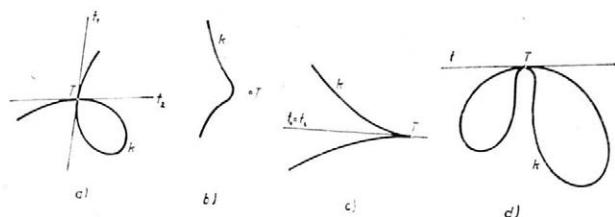
Věta 9. Tečny ve dvojnásobném bodě $T = [x_0, y_0]$ křivky $f(x, y) = 0$ mají souhrnnou rovnici

$$f_{xx}(x - x_0)^2 + 2f_{xy}(x - x_0)(y - y_0) + f_{yy}(y - y_0)^2 = 0.$$

Po vydělení této rovnice členem $(x - x_0)^2$ dostaneme rovnici

$$f_{xx} + 2f_{xy}k + f_{yy}k^2 = 0$$

pro směrnice k těchto tečen. Vlastnosti kořenů této rovnice, a tedy i vzájemná poloha tečen, závisí na hodnotě diskriminantu této rovnice (obr. 3).



3.

Definice 10. Dvojnásobný bod T křivky $f(x, y) = 0$, pro který platí:

1. $f_{xy}^2 - f_{xx}f_{yy} > 0$ se nazývá uzel. Křivka v něm má dvě různé reálné tečny (obr. 3a);

2. $f_{xy}^2 - f_{xx}f_{yy} < 0$ se nazývá izolovaný bod. Křivka má v tomto bodě dvě imaginárně sdružené tečny (obr. 3b);

3. $f_{xy}^2 - f_{xx}f_{yy} = 0$ se nazývá bod vratu. Křivka v něm má dvě reálné splývající tečny (obr. 3c).

Poznámka. Ve 3. případě může mít křivka tzv. bod samodotyku (obr. 3d).

Příklad 7. Nikomédova konchoida $(x^2 + y^2)(x - a)^2 - b^2x^2 = 0$ je algebraická křivka čtvrtého stupně (obr. 4). Skládá se ze dvou větví, je souměrná podle osy x a prochází počátkem P soustavy souřadnic. (Konstrukce: Pevnou přímku p o rovnici $x = a$ protneme svazkem přímek o vrcholu P . Průsečík přímky svazku s přímkou p označíme Q . Na přímce svazku určíme body A, A' tak, že $AQ = QA' = b$. Body A, A' leží na konchoidě.)

Pro funkci $f(x, y)$, která definuje Nikomédovu konchoidu, je $f_x = 2(2x^3 + xy^2 - 3ax^2 - ay^2 + a^2x - b^2x)$, $f_y = 2y(x - a)^2$, $f_{xx} = 2(6x^2 + y^2 - 6ax + a^2 - b^2)$, $f_{xy} = 4y(x - a)$, $f_{yy} = 2(x - a)^2$.

Protože $f_x(0, 0) = f_y(0, 0) = 0$

$$a \quad f_{xx}(0, 0) = 2(a^2 - b^2), \quad f_{xy}(0, 0) = 0, \quad f_{yy}(0, 0) = 2a^2$$

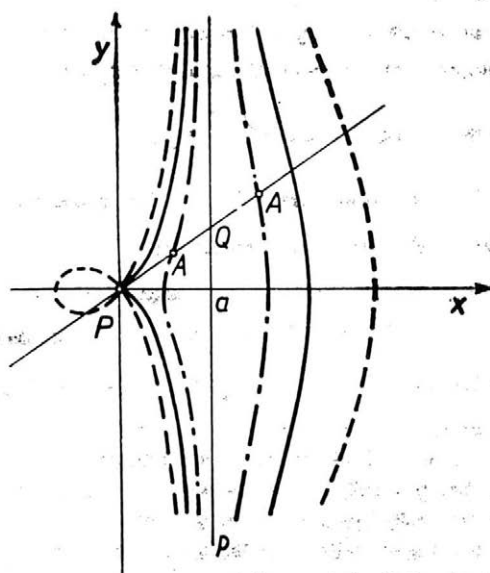
je bod $P = [0, 0]$ dvojnásobným bodem Nikomédovy konchoidy. Tečny v bodě P mají souhrnnou rovnici

$$2(a^2 - b^2)(x - 0)^2 + 2 \cdot 0(x - 0)^2(y - 0)^2 + 2a^2(y - 0)^2 = 0.$$

Odtud
$$y^2 = \frac{x^2}{a^2}(b^2 - a^2);$$

takže rovnice tečen jsou

$$y = \pm \frac{x}{a} \sqrt{b^2 - a^2}.$$



4.

V bodě P dále platí:

$$f_{xy}^2 - f_{xx}f_{yy} = 4a^2(b^2 - a^2) \begin{cases} > 0 \Leftrightarrow b > a, \\ = 0 \Leftrightarrow b = a, \\ < 0 \Leftrightarrow b < a. \end{cases}$$

V prvním případě je bod P uzlem s tečnami $y = \frac{x}{a} \sqrt{b^2 - a^2}$, $y = -\frac{x}{a} \sqrt{b^2 - a^2}$ (na obr. 4 je příslušná křivka pro $a = 3$, $b = 5$ vytažena čárkovaně). Ve druhém případě je bod P bodem vratu s dvojnásobnou tečnou $y = 0$ (na obr. 4 je příslušná křivka vytažena plně). Ve třetím případě je bod P izolovaným bodem s tečnami imaginárně sdruženými (na obr. 4 je příslušná křivka vytažena čerchovaně).

Postup výpočtu použitý v předchozím příkladu je platný pro libovolný bod křivky. V případě, že tímto bodem je počátek P soustavy souřadnic, můžeme uvedený výpočet zjednodušit.

Věta 10. Počátek P soustavy souřadnic je r -násobným bodem algebraické křivky stupně n o rovnici

$$u_n(x, y) + u_{n-1}(x, y) + \dots + u_1(x, y) + u_0 = 0$$

právě tehdy, když $u_0 = u_1 = \dots = u_{r-1} = 0$ a $u_r \neq 0$. Souhrn tečen křivky v bodě P je dán rovnicí $u_r(x, y) = 0$.

Příklad 8. Algebraická křivka je dána rovnicí

$$x^3 + y^3 - 3axy = 0.$$

V této rovnici je $u_0 = 0$, $u_1 = 0$, $u_2 = -3axy$, $u_3 = x^3 + y^3$. Je-li $a \neq 0$, pak počátek P je dvojnásobný bod křivky s tečnami $x = 0$, $y = 0$.

Je-li $a = 0$, je počátek P trojnásobný bod křivky s tečnami o souhrnné rovnici $x^3 + y^3 = 0$.

Důsledky věty 7 a definice 9:

1. Neexistují algebraické křivky stupně n s $(n+1)$ -násobným bodem.
2. Algebraická křivka stupně n s n -násobným bodem je složena z n přímek (jsou to tečny).
3. Existuje nerozložitelná algebraická křivka stupně n s $(n-1)$ -násobným bodem.

Definice 11. Tečna křivky v jejím nevlastním bodě se nazývá asymptota křivky.

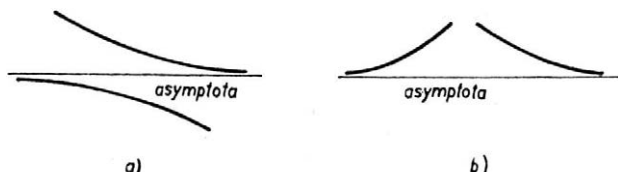
Věta 11. Algebraická křivka stupně n o rovnici

$$u_n(x, y) + u_{n-1}(x, y) + \dots + u_1(x, y) + u_0 = 0$$

má asymptotu $ax + by + c = 0$, ($b \neq 0$), kde $ax + by$ je jednoduché řešení rovnice $u_n(x, y) = 0$ a c určíme tak, že rovnici $y = -\frac{1}{b}(ax + c)$ asymptoty dosadíme do rovnice křivky a koeficient u nejvyšší mocniny x položíme roven nule.

Řešením rovnice $u_n(x, y) = 0$ dostaneme souřadnice $(-b, a)$ vektorů, které (jako směry) určují nevlastní body křivky. Přitom je třeba rozeznávat, zda kořen $(-b, a)$ rovnice $u_n(x, y) = 0$ je jednoduchý nebo vícenásobný. Je-li jednoduchý, je příslušný nevlastní bod regulární a tečna v něm je přímka vlastní. Je-li vícenásobný, je buď nevlastní přímka tečnou v nevlastním bodě nebo je nevlastní bod vícenásobným bodem křivky.

Má-li asymptota nevlastní bod za průsečík q -násobný ($q > 1$) s křivkou, blíží se křivka asymptotě v obou jejích směrech z různých stran pro q sudé (obr. 5a), z téže strany pro q liché (obr. 5b).



5.

Příklad 9. Algebraická křivka $x^3 + y^3 - 3axy = 0$ se nazývá Descartův list (obr. 6). Je to křivka třetího stupně, je souměrná podle přímky $y = x$, v bodě $P = [0, 0]$ má uzel s tečnami $x = 0$, $y = 0$ (viz příklad 8).

Hledejme rovnice asymptot této křivky.

Rovnice

$$u_n(x, y) = 0,$$

tj.

$$x^3 + y^3 = 0,$$

$$(x + y)(x^2 - xy + y^2) = 0$$

má jednoduché řešení

$$x + y.$$

Asymptota křivky má tedy rovnici

$$x + y + c = 0,$$

odtud

$$y = -x - c,$$

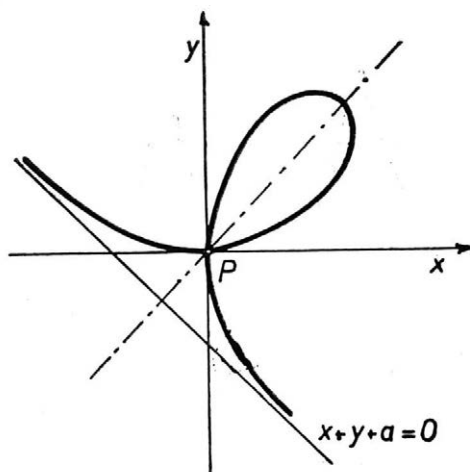
což dosadíme do rovnice křivky:

$$x^3 + (-x - c)^3 - 3ax(-x - c) = 0.$$

Po úpravě dostaneme

$$(-3c + 3a)x^2 + (-3c^2 + 3ac)x - c^3 = 0;$$

yní z podmínky $-3c + 3a = 0$ vypočteme $c = a$, takže hledaná rovnice asymptoty je $x + y + a = 0$.



6.

Protože asymptota $x + y + a = 0$ má s křivkou $x^3 + y^3 - 3axy = 0$ společný právě jeden bod, a to bod nevlastní, má tato asymptota uvažovaný nevlastní bod za průsečík právě 3-násobný s křivkou (věta 6). Křivka se tedy blíží asymptotě v obou jejích směrech z téže strany.

Poznámka. Podle věty 11 nelze určit asymptoty rovnoběžné s osou y .

Věta 12. Algebraická křivka stupně $n \geq 2$, jejíž rovnici lze uvést na tvar

$$x^r q(y) + x^{r-1} q_1(y) + \dots = 0,$$

resp.

$$y^s p(x) + y^{s-1} p_1(x) + \dots = 0,$$

má asymptoty rovnoběžné s osou x , resp. s osou y v přímkách o souhrnné rovnici $\varphi(y) = 0$, resp. $\psi(x) = 0$.

Příklad 10. Rovnici Nikomédovy konchoidy (viz příklad 7) lze psát ve tvaru

$$y^2(x - a)^2 + (x^4 - 2ax^3 + a^2x^2 - b^2x^2) = 0.$$

Asymptoty rovnoběžné s osou y mají tedy rovnici

$$(x - a)^2 = 0.$$

Odtud

$$x = a,$$

což je rovnice asymptoty Nikomédovy konchoidy (obr. 4).

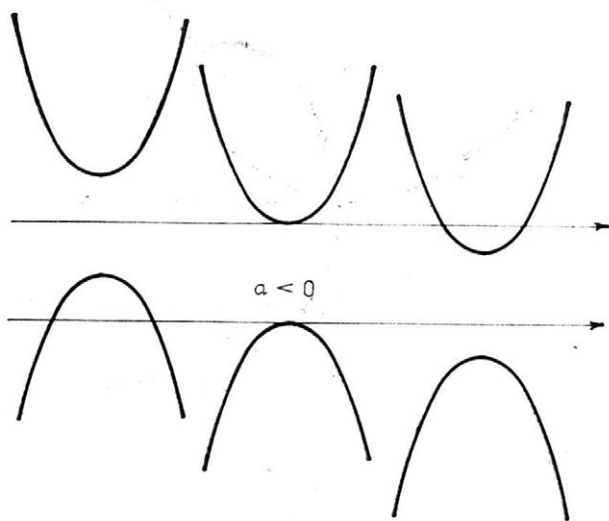
Na závěr teoretického výkladu o algebraických křivkách se stručně zmíníme o některých jednoduchých algebraických křivkách, které se často používají (při aproximaci) v praxi, např. v biometrii.

Paraboly vyšších stupňů jsou algebraické křivky o rovnici

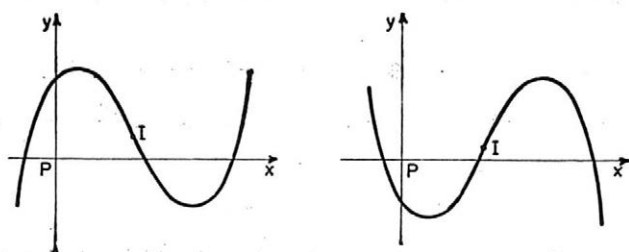
$$y = ax^n + bx^{n-1} + cx^{n-2} + \dots + kx + h.$$

Jsou to regulární křivky, definované pro všechna reálná čísla. Nemají žádné asymptoty. Parabola prvního stupně $y = ax + b$ je přímka.

Parabola druhého stupně $y = ax^2 + bx + c$ je kuželosečka (obr. 7a, b). Budeme o ní hovořit v další kapitole.



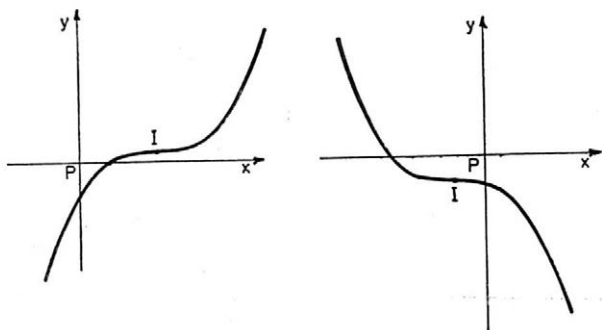
7.



8.

Parabola třetího stupně $y = ax^3 + bx^2 + cx + d$ je středově souměrná podle inflexního bodu I . Pro jeho souřadnici platí $x = -\frac{b}{3a}$. Tvar křivky závisí na číslech $a, D = b^2 - 3ac$:

$$\begin{array}{ll} D > 0, a > 0 \text{ (obr. 8a),} & D > 0, a < 0 \text{ (obr. 8b),} \\ D \leq 0, a > 0 \text{ (obr. 9a),} & D \leq 0, a < 0 \text{ (obr. 9b).} \end{array}$$

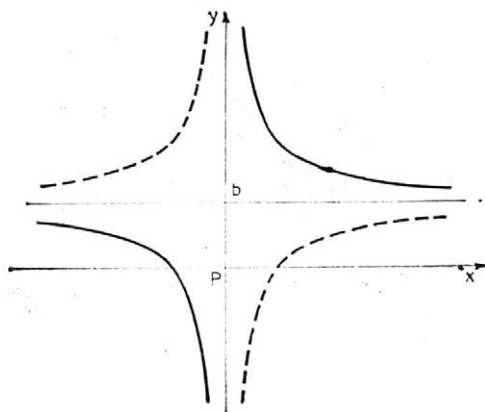


9.

Hyperboly vyšších stupňů jsou algebraické křivky o rovnici

$$y = \frac{a}{x^n} + \frac{b}{x^{n-1}} + \frac{c}{x^{n-2}} + \dots + \frac{k}{x} + h, \quad x \neq 0.$$

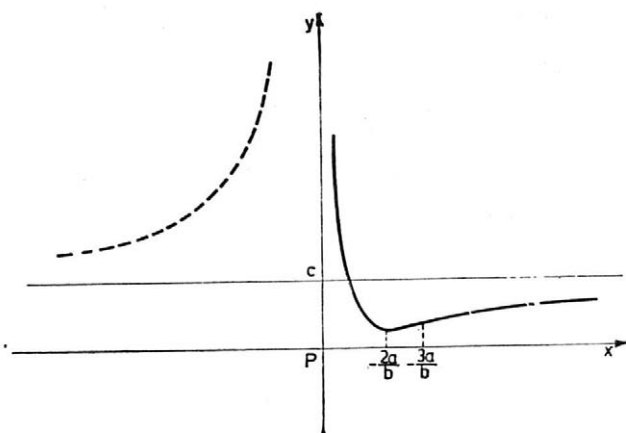
Jsou to regulární křivky, které se skládají ze dvou větví. Mají dvě asymptoty $x = 0$, $y = h$ (věta 12). Hyperbola prvního stupně $y = \frac{a}{x} + b$ je kuželosečka (obr. 10) a budeme o ní hovořit v další kapitole.



10.

Hyperbola druhého stupně $y = \frac{a}{x^2} + \frac{b}{x} + c$ má složité grafické vyjádření, které závisí na hodnotách koeficientů a, b, c . V praxi se nejčastěji používá z grafu pro $a > 0, b < 0, c > 0$ ta větev, pro níž $x > 0, y > 0$ (obr. 11).

Uveďme ještě (za pomoci matematické analýzy), že křivka má extrém v bodě $x = -\frac{2a}{b}$ a inflexní bod o souřadnici $x = -\frac{3a}{b}$.

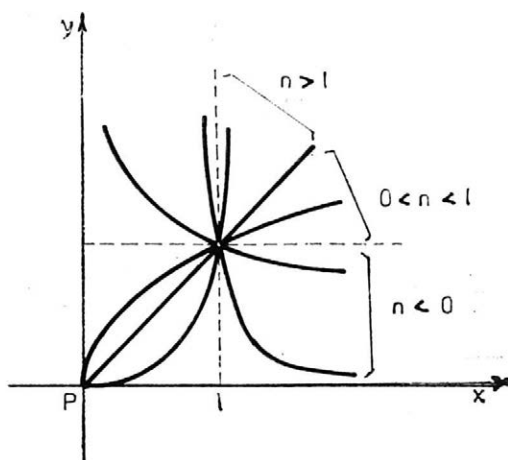


11.

Mocninné (potenční, polytropické) křivky mají rovnici

$$y = ax^n,$$

kde (v obecném případě) je n racionální číslo a $x > 0$ (obr. 12).



12.

Pro $n \geq 1$ zařazujeme mocninné křivky mezi paraboly vyšších stupňů, pro $n \leq 1$ mezi hyperboly vyšších stupňů.

Je-li $-1 < n < 1$, můžeme po transformaci souřadnic $x = Y, y = X$ psát

$$X = AY^{\frac{1}{n}} \quad X = AY^m, \text{ kde } m > 1 \text{ nebo } m < -1.$$

Mocninné křivky (paraboly i hyperboly) se sudým exponentem jsou souměrné podle osy y ; je-li exponent lichý, jsou souměrné podle počátku P soustavy souřadnic. Parabola $y = ax^n$, resp. $X = AY^m$ má v počátku P tečnu $y = 0$, resp. $Y = x = 0$. Hyperboly $y = ax^n$ i $X = AY^m$ mají asymptoty v souřadnicových osách x, y .

Závěrem připomeňme, že na logaritmickém papíru se mocninná křivka $y = |a|x^n$ zobrazí s výhodou jako přímka.

Logaritmováním rovnice

$$y = |a|x^n$$

totiž dostaneme rovnici

$$\log y = n \log x + \log |a|$$

neboli

$$u = nv + k.$$

KUŽELOSEČKY

Definice 12. Algebraická křivka druhého stupně o rovnici

$$a_{11}x^2 + 2a_{12}xy + a_{22}y^2 + 2a_{13}x + 2a_{23}y + a_{33} = 0 \quad (5)$$

se nazývá kuželosečka.

Označme

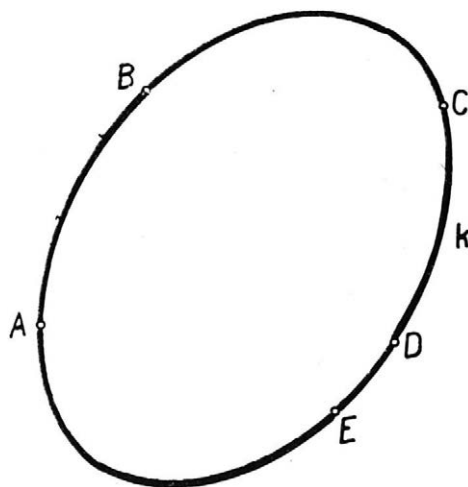
$$D = \begin{vmatrix} a_{11} & a_{12} & a_{13} \\ a_{21} & a_{22} & a_{23} \\ a_{31} & a_{32} & a_{33} \end{vmatrix}, \text{ přičemž } a_{ij} = a_{ji}.$$

Definice 13. Determinant D se nazývá diskriminant kuželosečky.

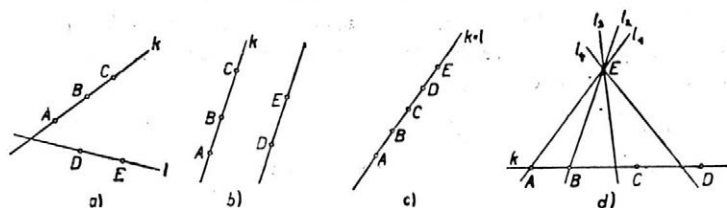
Definice 14. Jestliže $D \neq 0$ nazývá se kuželosečka regulární, je-li $D = 0$ nazývá se singulární (složená).

Regulární kuželosečky jsou: elipsa (kružnice), hyperbola a parabola. Singulární kuželosečka je složena z dvojice přímek, které mohou být různoběžné, rovnoběžné nebo splývající.

Věta 13. Kuželosečka je určena pěti body.



Pětí body, z nichž žádné tři neleží v přímce, je určena (jednoznačně) regulární kuželosečka (obr. 13).



14.

Pětí body, z nichž aspoň tři leží v přímce, je určena singulární kuželosečka (obr. 14).

Kuželosečka na obr. 14d není určena jednoznačně. Body A, B, C, D, E je zde totiž určeno nekonečně mnoho kuželoseček (k, l_i).

Druh kuželosečky dané rovnici (5) určíme z hodnot invariantů (tj. veličin, které se nemění při transformaci soustavy souřadnic)

$$D, I = \begin{vmatrix} a_{11} & a_{12} \\ a_{21} & a_{22} \end{vmatrix}, \quad J = a_{11} + a_{22}, \quad K = \begin{vmatrix} a_{11} & a_{13} \\ a_{31} & a_{33} \end{vmatrix} + \begin{vmatrix} a_{22} & a_{23} \\ a_{32} & a_{33} \end{vmatrix}$$

pomocí tabulky I.

1.

Hodnoty invariantů			Druh	Rovnice
$D \neq 0$	$I > 0$	$DJ < 0$	reálná elipsa	$\frac{x^2}{a^2} + \frac{y^2}{b^2} = 1$
			kružnice	$a = b$
		$DJ > 0$	imaginární elipsa	$\frac{x^2}{a^2} + \frac{y^2}{b^2} = -1$
	$I < 0$		hyperbola	$\frac{x^2}{a^2} - \frac{y^2}{b^2} = 1$
	$I = 0$		parabola	$x^2 = 2py$
$D = 0$	$I > 0$		dvě imaginárně sdružené přímky	$\frac{x^2}{a^2} + \frac{y^2}{b^2} = 0$
	$I < 0$		dvě různoběžky	$\frac{x^2}{a^2} - \frac{y^2}{b^2} = 0$
	$I = 0$	$K < 0$	dvě rovnoběžky	$x^2 - a^2 = 0$
		$K > 0$	imaginární rovnoběžky	$x^2 + a^2 = 0$
		$K = 0$	dvojná přímka	$x^2 = 0$

Je-li kuželosečka singulární (rozložitelná), můžeme levou stranu rovnice (5) vyjádřit jako součin dvou lineárních činitelů, tj. ve tvaru

$$(ax + by + c) \cdot (dx + ey + f) = 0.$$

Kuželosečka se pak skládá z přímek

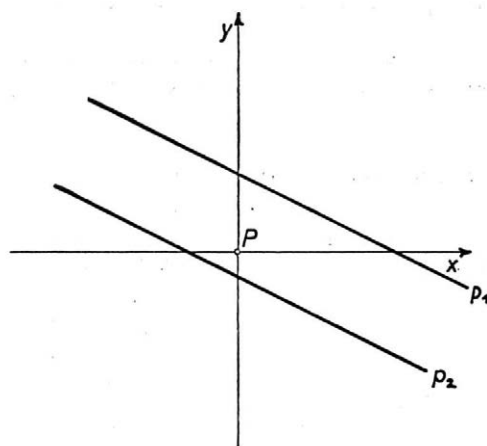
$$ax + by + c = 0 \text{ a } dx + ey + f = 0.$$

Příklad 11. Určíme druh a polohu kuželosečky

$$x^2 + 4xy + 4y^2 - 2x - 4y - 3 = 0. \quad (6)$$

$$D = \begin{vmatrix} 1 & 2 \\ 2 & 4 \end{vmatrix} = 0, \quad I = \begin{vmatrix} 1 & 2 \\ 2 & 4 \end{vmatrix} = 0, \quad K = \begin{vmatrix} 1 & -1 \\ -1 & -3 \end{vmatrix} + \begin{vmatrix} 4 & -2 \\ -2 & -3 \end{vmatrix} = -20 < 0.$$

Daná kuželosečka je tedy složena ze dvou různých rovnoběžných přímek p_1, p_2 (obr. 15).



15.

Řešme nyní rovnici (6) vzhledem k neznámé x :

$$x^2 + (4y - 2)x + 4y^2 - 4y - 3 = 0,$$

odtud

$$x_{1,2} = (1 - 2y) \pm 2,$$

takže

$$(x - 3 + 2y)(x + 1 + 2y) = 0.$$

Rovnice hledaných rovnoběžek tedy jsou

$$p_1 \equiv x + 2y - 3 = 0,$$

$$p_2 \equiv x + 2y + 1 = 0.$$

Je-li kuželosečka regulární, je k určení její polohy vzhledem k dané soustavě souřadnic vhodné převést rovnici (5) na tzv. kanonický tvar.

Věta 14. Otočením soustavy souřadnic o úhel α , pro který platí

$$\operatorname{tg} 2\alpha = \frac{2a_{12}}{a_{11} - a_{22}}, \quad (7)$$

obdržíme novou soustavu souřadnic, ve které má regulární kuželosečka (daná rovnicí (5) aspoň jednu osu rovnoběžnou s některou osou souřadnic a rovnice kuželosečky neobsahuje člen s xy).

Početně provedeme otočení pomocí transformačních rovnic

$$\begin{aligned}x &= x' \cos \alpha - y' \sin \alpha, \\ y &= x' \sin \alpha + y' \cos \alpha,\end{aligned}\quad (8)$$

kde úhel α vyhovuje podmínce (7). Rovnice (5) bude mít potom tvar

$$ax'^2 + by'^2 + cx' + dy' + e = 0. \quad (9)$$

Věta 15. Druh regulární kuželosečky

$$ax^2 + by^2 + cx + dy + e = 0$$

určíme takto:

$$\begin{aligned}a &= b \neq 0 && \text{kružnice,} \\ a &\neq b, ab > 0 && \text{elipsa,} \\ a &\neq b, ab < 0 && \text{hyperbola,} \\ a &= 0, b \neq 0 \text{ nebo } a \neq 0, b = 0 && \text{parabola.}\end{aligned}$$

Rovnici (9) převedeme doplněním na čtverec na normální tvar (osy kuželosečky jsou rovnoběžné s osami souřadnic) a potom posunutím soustavy souřadnic rovnicemi

$$x' = X + u, \quad y' = Y + v$$

na kanonický tvar (osy kuželosečky splývají s osami souřadnic).

Poznámka. Při výpočtu není zřejmě nutno zjišťovat velikost úhlu α . Stačí pouze určit hodnoty $\sin \alpha$, $\cos \alpha$. Pomocí známých goniometrických vzorců snadno nalezneme, že

$$\sin \alpha = \pm \sqrt{\frac{1}{2} \left(1 - \frac{1}{\sqrt{1+p^2}} \right)}, \quad \cos \alpha = \pm \sqrt{\frac{1}{2} \left(1 + \frac{1}{\sqrt{1+p^2}} \right)},$$

$$\text{kde } p = \operatorname{tg} 2\alpha, \alpha \in \left(-\frac{\pi}{4}, \frac{\pi}{4} \right).$$

V případě, že ve vzorci (7) je $a_{11} = a_{22}$, volíme $\alpha = \pm \frac{\pi}{4}$.

Příklad 12. Určíme druh a polohu kuželosečky

$$5x^2 + 4xy + 8y^2 - 32x - 56y + 80 = 0 \quad (10)$$

1. Určíme druh.

$$D = \begin{vmatrix} 5 & 2-16 \\ 2 & 8-28 \\ -16 & -28 & 80 \end{vmatrix} = -1296, \quad I = \begin{vmatrix} 5 & 2 \\ 2 & 8 \end{vmatrix} = 36, \quad J = 5 + 2 = 7.$$

Protože $D \neq 0$, $I > 0$, $DJ < 0$ je kuželosečka (10) reálná elipsa.

2. Určíme kanonickou rovnici.

Protože $\operatorname{tg} 2\alpha = \frac{4}{5-8} = -\frac{4}{3}$ a tedy $\cos \alpha = \frac{2}{\sqrt{5}}$, $\sin \alpha = -\frac{1}{\sqrt{5}}$ mají transformační rovnice (8) tvar

$$x = \frac{1}{\sqrt{5}}(2x' + y'), \quad y = \frac{1}{\sqrt{5}}(-x' + 2y'). \quad (11)$$

Po dosazení do rovnice kuželosečky dostaneme

$$(2x' + y')^2 + \frac{4}{5}(2x' + y')(-x' + 2y') + \frac{8}{5}(-x' + 2y')^2 - \frac{32}{\sqrt{5}}(2x' + y') - \frac{56}{\sqrt{5}}(-x' + 2y') + 80 = 0$$

a odtud po úpravě

$$4x'^2 - \frac{8}{\sqrt{5}}x' + 9y'^2 - \frac{144}{\sqrt{5}}y' + 80 = 0.$$

Nyní členy s x a členy s y doplníme na čtverec:

$$4\left(x' - \frac{1}{\sqrt{5}}\right)^2 - \frac{4}{5} + 9\left(y' - \frac{8}{\sqrt{5}}\right)^2 - \frac{576}{5} + 80 = 0.$$

Odtud

$$\frac{\left(x' - \frac{1}{\sqrt{5}}\right)^2}{9} + \frac{\left(y' - \frac{8}{\sqrt{5}}\right)^2}{4} = 1,$$

což je normální tvar rovnice elipsy (10) v soustavě souřadnic $\langle P, x', y' \rangle$.

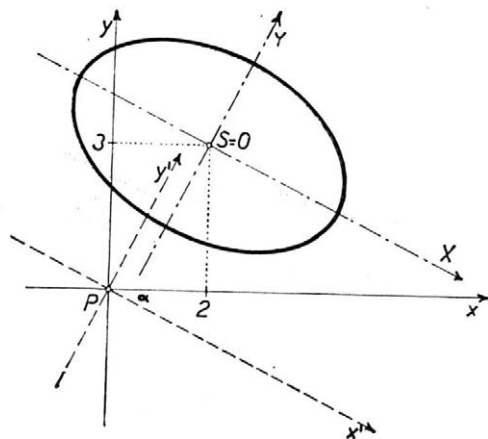
Transformací posunutím pomocí rovnic

$$x' = X + \frac{1}{\sqrt{5}}, \quad y' = Y + \frac{8}{\sqrt{5}} \quad (12)$$

dostaneme pak kanonický tvar

$$\frac{X^2}{9} + \frac{Y^2}{4} = 1 \quad (13)$$

rovnice elipsy (10) v soustavě souřadnic $\langle O, X, Y \rangle$.



3. Určíme polohu.

Z rovnic (13), (12) a (11) plyne postupně pro souřadnice středu S elipsy: V soustavě $\langle O, X, Y \rangle$ je $S = [X_s, Y_s] = [0, 0]$; v soustavě $\langle P, x', y' \rangle$ je $S = [x'_s, y'_s]$, přičemž $x'_s = X_s + u = \frac{1}{\sqrt{5}}, y'_s = Y_s + v = \frac{8}{\sqrt{5}}$, takže $S = \left[\frac{1}{\sqrt{5}}, \frac{8}{\sqrt{5}} \right]$; v soustavě $\langle P, x, y \rangle$ je $S = [x_s, y_s]$, přičemž $x_s = x'_s \cos \alpha - y'_s \sin \alpha = 2, y_s = x'_s \sin \alpha + y'_s \cos \alpha = 3$, takže $S = [2, 3]$.

Směrnice osy x' i X je v soustavě $\langle P, x, y \rangle$ zřejmé

$$\operatorname{tg} \alpha = \frac{\sin \alpha}{\cos \alpha} = -\frac{1}{2}.$$

4. Závěr.

Rovnice (10) je rovnicí elipsy se středem $S = [2, 3]$ a poloosami $a = 3, b = 2$. Její hlavní osa má směrnici $-\frac{1}{2}$ (obr. 16).

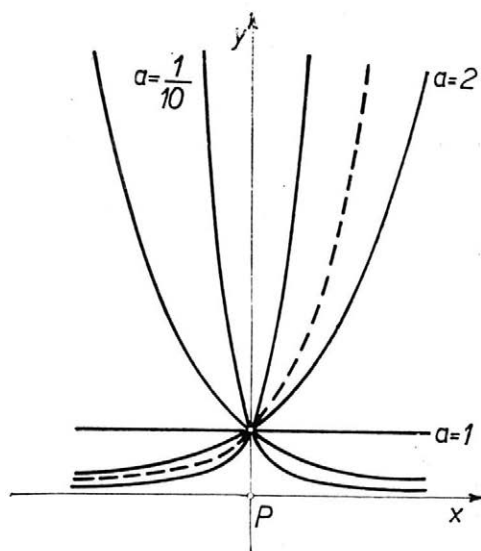
TRANSCENDENTNÍ KŘIVKY

V této kapitole se stručně zmíníme o některých významných transcendentních křivkách.

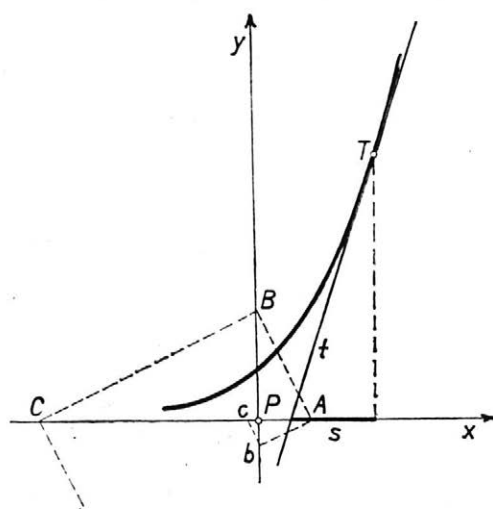
Exponenciální křivka

Exponenciální křivka je grafickým zobrazením exponenciální funkce

$$y = a^x, \quad a > 0.$$



17.



18.

Pro každé $x \in (-\infty, \infty)$ je $y > 0$. Pro $x = 0$ je $y = 1$, takže exponenciální křivka prochází bodem $[0, 1]$.

Je-li $a > 1$, je exponenciální funkce rostoucí, je-li $0 < a < 1$, je exponenciální funkce klesající; přitom křivky $y = a^x, y = a^{-x}$ jsou souměrné podle osy y (obr. 17).

Z exponenciálních funkcí hraje v matematice zvláště důležitou roli funkce $y = e^x$ (obr. 17 čárkovaně), kde e je Eulerovo číslo ($e = 2,718281\dots$).

Věta 16. Subtangentta exponenciální křivky má konstantní délku (obr. 18).

Pro křivku $y = Ba^{kx}$ (kde B, k jsou konstanty) je délka subtangenty $s = \frac{1}{k \ln a}$, pro křivku $y = Be^{kx}$ je $s = \frac{1}{k}$.

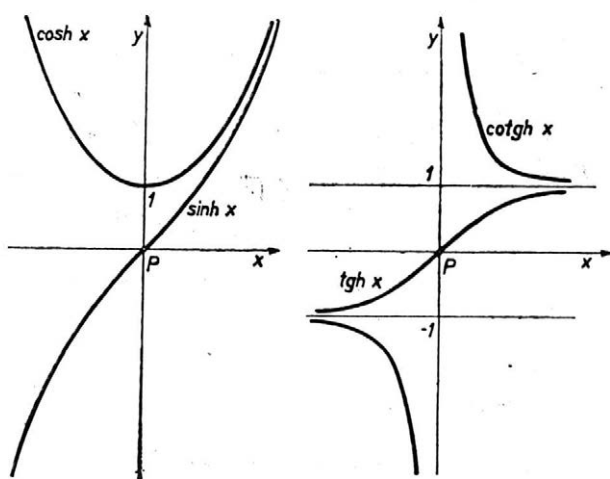
Konstrukce exponenciální křivky (bodů s celočíselnými exponenty): Určíme body $A \in x$; $PA = 1$ a $B \in y$; $PB = a$ (obr. 18). Bodem B vedeme kolmici k AB . Tato kolmice protne osu x v bodě C ; $PC = a^2$. Obdobně určíme $PD = a^3$, $PE = a^4$, ..., resp. $Pb = a^{-1}$, $Pc = a^{-2}$ atd.

Hyperbolické funkce. Obecná řetězovka

Hyperbolické funkce (obr. 19) jsou definovány těmito vztahy:

$$\begin{aligned} \sinh x &= \frac{e^x - e^{-x}}{2}, & \cosh x &= \frac{e^x + e^{-x}}{2}, \\ \tanh x &= \frac{e^x - e^{-x}}{e^x + e^{-x}}, & \coth x &= \frac{e^x + e^{-x}}{e^x - e^{-x}} \quad (x \neq 0). \end{aligned}$$

Čteme hyperbolický sinus, hyperbolický kosinus, hyperbolický tangens, hyperbolický kotangens.



19.

Tyto funkce se často vyskytují v aplikacích matematiky. Platí pro ně obdobné vzorce jako pro funkce goniometrické. Například: $\cosh x$ je funkce sudá, ostatní hyperbolické funkce jsou funkce liché; $\cosh^2 x - \sinh^2 x = 1$, $\cosh x + \sinh x = e^x$, $\cosh x - \sinh x = e^{-x}$ atd.

Křivka znázorňující průběh hyperbolické funkce

$$y = a \cosh \frac{x}{a} = \frac{a}{2} \left(e^{\frac{x}{a}} + e^{-\frac{x}{a}} \right)$$

se nazývá obecná řetězovka. Má tvar těžkého homogenního dokonale ohebného nepružného lana zavěšeného ve dvou bodech; je souměrná podle osy y (obr. 19a).

Sinové křivky

a) Obecná sinusoida

Grafickým zobrazením průběhu goniometrické funkce

$$y = a \sin (bx + c) + d$$

je obecná sinusoida (obr. 20 plně). Koeficienty a , b , c , d mají tento význam:

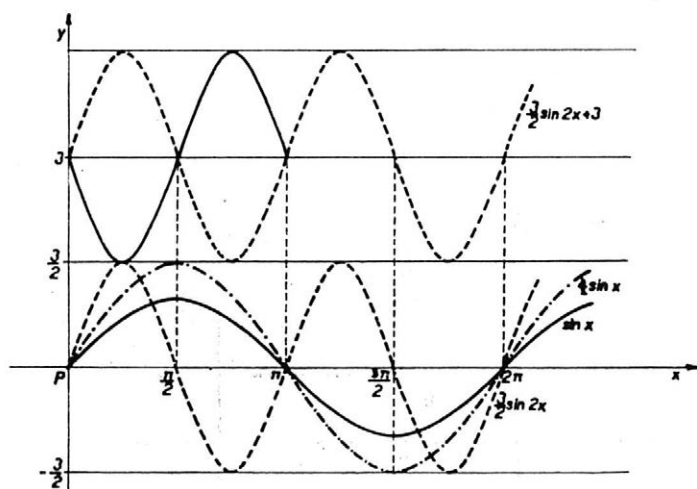
a určuje změnu velikosti souřadnice y ,

b určuje velikost periody — perioda je $\frac{2\pi}{b}$,

$-\frac{c}{b}$ určuje velikost posunutí grafu ve směru osy x ,

d určuje velikost posunutí grafu ve směru osy y ;

to vše vzhledem k základní sinusoidě $y = \sin x$.



20.

Příklad 13. Sestrojíme graf funkce

$$y = \frac{3}{2} \sin (2x - \pi) + 3 \quad \text{pro } x \in \langle 0, 2\pi \rangle.$$

Úlohu budeme řešit tak, že postupně sestrojíme grafy funkcí

$$y = \frac{3}{2} \sin x \quad (\text{obr. 20 čerchovaně}), \quad (14)$$

$$y = \frac{3}{2} \sin 2x \quad (\text{obr. 20 čárkovaně}), \quad (15)$$

$$y = \frac{3}{2} \sin 2x + 3 \quad (\text{obr. 20 čárkovaně}), \quad (16)$$

$$y = \frac{3}{2} \sin (2x - \pi) + 3 \quad \text{pro } x \in \langle 0, 2\pi \rangle \quad (\text{obr. 20 plně}). \quad (17)$$

V našem případě je

$$a = \frac{3}{2} \Rightarrow -\frac{3}{2} \leq y \leq \frac{3}{2} \quad \text{pro funkci (14),}$$

$$b = 2 \Rightarrow \text{perioda funkce (15) je} \quad \frac{2\pi}{b} = \pi,$$

$$d = 3 \Rightarrow 3 - \frac{3}{2} \leq y \leq \frac{3}{2} + 3, \\ \frac{3}{2} \leq y \leq \frac{9}{2} \quad \text{pro funkci (16),}$$

$$-\frac{c}{b} = \frac{\pi}{2} \Rightarrow \text{počátek grafu funkce (17) je bod} \left[\frac{\pi}{2}, 3 \right].$$

b) Křivka netlumeného harmonického kmitání

Harmonický pohyb je vyjádřen funkcí

$$y = a \sin(\omega t + \varphi),$$

kde a je amplituda, ω kruhová frekvence a φ fázový posuv. Perioda je $T = \frac{2\pi}{\omega}$, frekvence

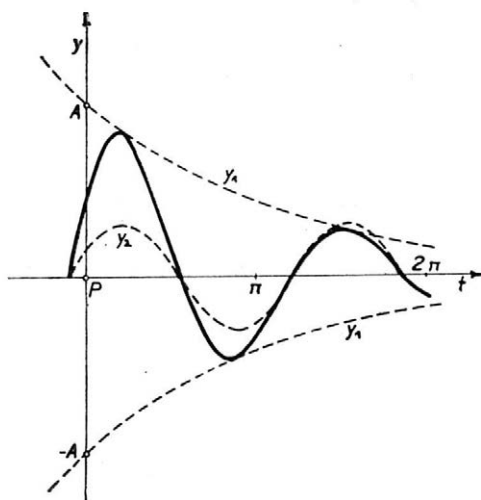
$$n = \frac{1}{T} = \frac{\omega}{2\pi} \text{ (obr. 20).}$$

c) Křivka tlumeného harmonického kmitání

Harmonický pohyb, jehož amplitudy se (vlivem různých činitelů) zmenšují s časem, je vyjádřen funkcí

$$y = A e^{-kt} \sin(\omega t + \varphi).$$

Tato funkce má periodu $\frac{2\pi}{\omega}$ a její funkční hodnoty klesají s rostoucím argumentem t .



Příslušná křivka je sevřena exponenciálami $y = \pm A e^{-kt}$ (obr. 21).

Konstrukce: Nejdříve sestrojíme křivky $y_1 = \pm A e^{-kt}$,
 $y_2 = \sin(\omega t + \varphi)$.

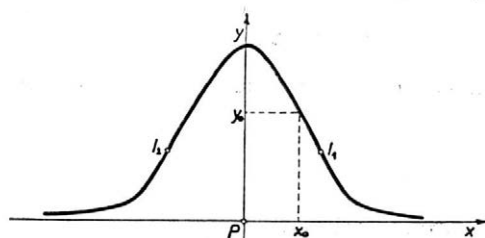
Potom sestrojíme křivku $y = y_1 \cdot y_2$, což můžeme provést např. graficky pomocí vztahu $\frac{1}{y_1} = \frac{y_2}{y}$.

Gaussova křivka

Významnou úlohu v teorii pravděpodobnosti má tzv. Gaussova křivka (obr. 22) daná funkcí

$$y = \frac{h}{\sqrt{\pi}} e^{-h^2 x^2}.$$

Parametr h této funkce se nazývá míra přesnosti.



22.

Křivka má maximum v bodě $\left[0, \frac{h}{\sqrt{\pi}}\right]$, asymptotu v ose x a dva inflexní body $I_1 =$

$$= \left[\frac{1}{h\sqrt{2}}, \frac{h}{\sqrt{\pi e}}\right], I_2 = \left[-\frac{1}{h\sqrt{2}}, \frac{h}{\sqrt{\pi e}}\right].$$

V teorii chyb vyjadřuje Gaussova křivka zákon rozdělení náhodných chyb: Je-li x_0 velikost uvažované chyby, vyjadřuje y_0 pravděpodobnost, že uvažovaná chyba nastane (obr. 22).

Literatura

BYDŽOVSKÝ B.: Úvod do algebraické geometrie. Praha, JČMF 1948

FRANK L. a kol.: Matematika. Praha, SNTL 1973

REKTORYS K. a kol.: Přehled užití matematiky. Praha, SNTL 1963

Adresa autora:

Petr R á d l, lesnická fakulta VŠZ, Brno