

5. táblázat – A Pásztó 28A erdőrézletben mért adatok (mm)

Jellemző	I-214	Triplo
Kéreg nélküli átmérő	247,4	247,8
Geszt átmérő	185,2	169,0
Szijács átmérő	62,2	78,8
Kéregvastagság	10,5	11,2

átmérő. Ezzel szemben az I-214 geszt és szijács átmérőjének egymáshoz viszonyított aránya ezen a termőhelyen a legkedvezőbb (74,9% geszt és 25,1% szijács), tehát a fatest tartóssága itt a legígéretesebb. A Triplo ezen a termő-

helyen is kedvező geszt arányt mutat: 68,2% és a Balkány 25A erdőrézletben is 70,2%.

Az előző termőhelyeken a fajták kerekítve, mintegy 50-60%-os geszt arányt mutattak. A legkedvezőtlenebb geszt arány a Kopecky fajtánál figyelhető meg: 29,5-38,9%. Ez a fajfa azonban előnyösebben használható fel a furnér- és rétegelt lemezgyártásban.

Irodalomjegyzék

1. Tóth B., Erdős L. 1988. *Nyár fajtaismertető*. Az állami gazdaságok országos egyesülése erdőgazdálkodási és fafeldolgozási szakbizottsága.
2. Babos K. 1999. *Nyárfajták és fajtajelöltek fiatalkorú és idő faanyagtulajdonságainak összehasonlító vizsgálata* OTKA:014691. *Kutatási zárójelentés*.

Réteges felépítésű faszerkezeti elemek klímaváltozás során bekövetkező vetemedésének és saját feszültségeinek számítása II. rész: Az elméleti levezetések eredményeinek alkalmazása

Kánnár Antal, Szalai József *

Calculation of warp and internal stresses in laminated wooden structural elements due to climatic changes. Part II.: Application of theoretical results

In the first part of this work a parabolic model was set up for the calculation of internal stresses and warp. Some examples are presented in order to demonstrate the applicability of the theoretical results. The parabolic model evidently provides more accurate results and it contains the linear model as well, therefore it is more suitable for the calculation of warp and internal stresses.

Bevezetés

Írásunk első részében (Szalai és Kánnár 2002) bemutattuk a réteges szerkezetek saját feszültségeinek elméleti megfontolásokon alapuló számítómódeljét. Megállapítottuk, hogy az újonnan kidolgozott parabolikus modell a valóságot jobban közelíti, a kísérleti eredményeket jobban tükrözi. Dolgozatunkban számítási példákat ismertetünk az elméleti levezetések jobb megértése érdekében illetve a levezetések gyakorlati alkalmazhatóságának igazolására. Elsőként tekintünk át a kapott eredmények néhány sajátosságát.

A megadott matematikai-mechanikai modell több speciális esetben is hasznosan alkalmazható.

Ezek a következők:

- A parabolikus nedvességtartalom- és hőmérsékleteloszlás automatikusan tartalmazza a lineáris megadás lehetőségét. A beadott három nedvességtartami vagy hőmérsékleti értéktől függően az eloszlás lehet egyenes, lineáris, ill. parabolikus.
- Egyenes tengelyű rétegelt ragasztott tartóknál a kezdeti görbület nulla, azaz $1/\rho_{Ki} = 0$.
- Az íves tartó nemcsak körív, hanem tetszőleges alakú lehet. Ezt a $\rho_{Ki} = \rho_{Ki}(z)$ helyettesítéssel vehetjük figyelembe.
- Amennyiben a nedvességprofil a tartó hossz tengelye mentén is változik, azaz z -nek is függvénye, az igénybevételek is változnak

* Kánnár Antal doktorandusz hallgató, Dr. habil Szalai József CSc. egyetemi tanár, intézetigazgató, a NyME Műszaki Mechanika és Tartószerkezetek Intézetében

a hely függvényében; $M_i = M_i(z)$, $N_i = N_i(z)$. A nyomaték hely szerinti változása nyíróigénybevétel fellépését vonja maga után; $T_i = T_i(z) = dM_i(z)/dz$. Ebben az esetben a vetemedési folyamat végére természetesen a görbület is helyről-helyre változik.

- A modell lehetővé teszi a ragasztási síknak önálló réteggként való kezelését is. Ilyenkor egy n lamellából álló szerkezetnek $2n-1$ rétege lesz. Ezzel a módszerrel vizsgálhatjuk pl. a ragasztási réteg merevségének hatását.

Fel kell hívni a figyelmet arra, hogy a kapott belső erők a tartó két végkeresztmetszetén nem elégítik ki a kerületi feltételeket. E terheletlen felületeken a belső erőknek, ill. a belőlük származó feszültségeknek el kell tűnniük. Ennek a feltételnek a teljesülése eltorzítja a végkeresztmetszetek környezetében a feszültségeloszlást. A „torzult” szakasz hossza a Saint Venant-elv értelmében körülbelül a tartó

$$h = \sum_{i=1}^n h_i \quad [1]$$

magasságával egyezik meg (bár kísérleti eredmények arra utalnak, hogy ez a szakasz rövidebb; Szalai 1985). A torzult szakasz feszültségállapotmezejének számításához D. Henrici (1977) és Szalai J. (1985) munkáira utalunk. A lényeg az, hogy a nyomatékból és a normál-erőből származó σ_{zz} normál- és σ_{yy} normál- és $\sigma_{zy} = \sigma_{yz}$ nyírófeszültségek megjelenését. σ_{yy} merőleges a rétegek síkjára, maximuma éppen a végkeresztmetszet pontjaiban ébred. A $\sigma_{zy} = \sigma_{yz}$ nyírófeszültségek szélső értékei a végektől $h/3$ távolságban lépnek fel, és a végkeresztmetszetig nullára csökkennek. Rétegelt- ragasztott tartóknál ezek a feszültségek veszélyesek lehetnek, hisz kritikus esetben elérhetik a faanyag rostokra merőleges normál-, és a rostokkal párhuzamos nyírószilárdságát. A tartóvégek feszültségtorzulása jelen vizsgálatunkat, a nedvességtartalom és hőmérséklet eloszlásának modellezését nem érinti.

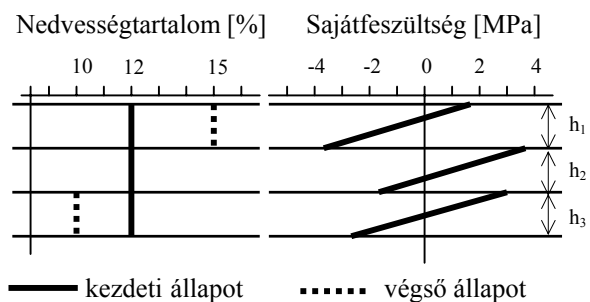
A tartóvégeken fellépő feszültségtorzulás hatására keletkező alakváltozás az egész tartó alakváltozásához képest elhanyagolható. Tekint-

sünk át néhány konkrét példát az eredmények szemléltetésére.

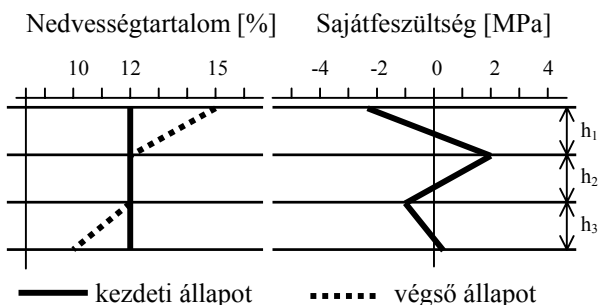
Példák a lineáris és parabolikus nedvesség- és hőmérsékletprofil hatásának összehasonlítására

1. példa

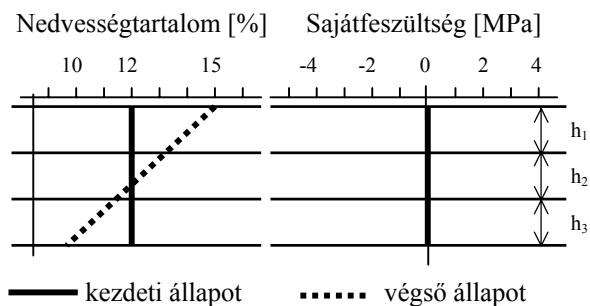
Elemezzünk egy három rétegű szerkezetet, amelyben a lamellák vastagsága $h_i = 40$ mm, szélessége $b_i = 120$ mm, a tartó görbületi sugara $\rho_{V_i} = 10000$ mm, anyaguk rugalmassági modulusza $E_i = 12000$ MPa. Mint látjuk, a rétegek tulajdonságai megegyeznek, csupán a nedvességtartalmat variáljuk. A kezdeti és



1/a ábra – A sajátfeszültségek változása, ha a nedvességtartalom-eloszlás egy rétegen belül állandó.



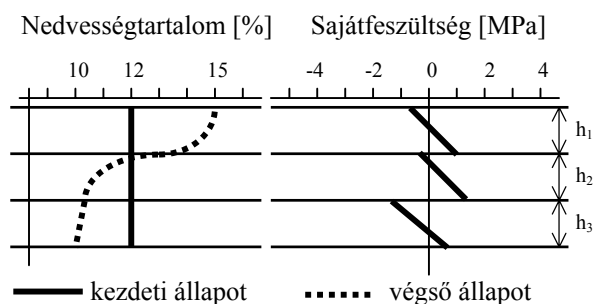
1/b ábra – Sajátfeszültségek változása, ha a nedvességtartalom-eloszlás egy rétegen belül lineáris.



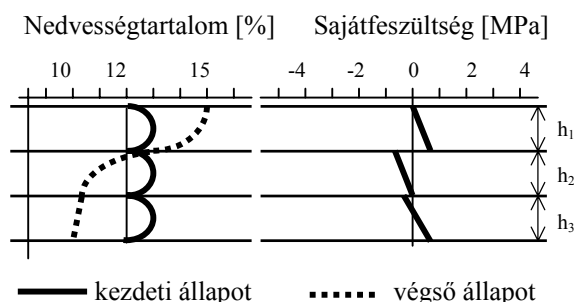
1/c ábra – A sajátfeszültségek változása, ha a nedvességtartalom eloszlás a teljes rétegmagasságban lineáris.

1. táblázat - Háromrétegű íves tartó jellemzői a nedvességtartalom változásakor (kezdeti görbületi sugár 10^4 mm).

	Végső görbületi sugár mm	réteg-szám	Hajlítónyomaték Nmm	Normál-erő N	σ_{zz} (alsó szál) MPa	σ_{zz} (felső szál) MPa
1/a eset	$0,9 \cdot 10^4$	1.	-85333	-5120	-3,73	1,60
		2.	-85333	3840	-1,87	3,47
		3.	-85333	1280	-2,40	2,93
1/b eset	$0,94 \cdot 10^4$	1.	65422	-427	1,96	-2,13
		2.	-49779	1920	-1,16	1,96
		3.	27022	-1493	0,53	-1,16
1/c eset	$0,92 \cdot 10^4$	1.	526	34	0,02	-0,01
		2.	142	-38	-0,00	-0,01
		3.	526	4	0,02	-0,02
1/d eset	$0,96 \cdot 10^4$	1.	28686	303	0,96	-0,83
		2.	28302	1536	1,20	-0,56
		3.	28686	-1839	0,51	-1,28
1/e eset	$0,94 \cdot 10^4$	1.	11620	1583	0,69	-0,03
		2.	11236	-2304	-0,13	-0,83
		3.	11620	721	0,51	-0,21



1/d ábra – A sajátfeszültségek változása, ha a végállapotban a nedvességtartalom eloszlás egy rétegen belül parabolikus.



1/e ábra – A sajátfeszültségek változása, ha a kezdeti és végállapotban a nedvességtartalom eloszlás egy rétegen belül parabolikus

végző nedvességtartalmi eloszlást az **1. ábrán** mutatjuk.

A kezdeti nedvességtartalom az első négy esetben minden pontban 12 %. Az ötödik esetben a rétegek szélein 12 %, a kettő között parabolikus eloszlású, a csúcsponton (középen) a nedvességtartalom 13 %. A végső nedvességtartalom az első esetben (**1/a ábra**) egy rétegen belül állandó, a felső rétegnek nő, az alsónak csökken, a középsőnek nem változik a nedvességtartalma. Az **1/b ábrának** megfelelő esetben a szélső rétegek végső nedvességtartalma az alsó szálak felé lineárisan csökken. A **1/c** esetben a végső nedvességtartalom a teljes magasságban lineárisan csökken 15%-ról 10%-ra. Az utol-

só két esetben (**1/d** és **1/e ábra**) a végső nedvességtartalom rétegenként parabolikus eloszlású. Lényegében tehát a végső nedvességtartalom minden esetben hasonlóan alakul, a felső réteg szálai nedvesednek, az alsó rétegé száradnak. A változás nagysága közel azonos mértékű, csupán az eloszlások jellege különbözik. Az ábrák jobb oldalán a normálerőből és a hajlítónyomatékból keletkező $\sigma_{zz}(y)$ normál-feszültségek alakulását ábrázoltuk. A számítási eredményeket az **1. táblázat** tartalmazza. A táblázat és ábrák felhasználásával az alábbi megállapításokat tehetjük.

A belső erők, ill. a belőlük származó normál-feszültségek lényegesen függenek a nedvességtartalom eloszlásától. A nedvességtartalmi függvény fokszámának növelésével, hasonló nedvességtartalmi feltételek mellett, csökken a normál-feszültségek nagysága. A görbületi sugarak a nedvességtartalmi modell változtatásával csak csekély mértékben változnak. Tanulságos a **1/c ábrának** megfelelő eset. A tartó alakja gyakorlatilag belső erők fellépése nélkül változik meg. A teljes keresztmetszet mentén lineárisan változó nedvességtartalom úgy változtatja meg az egyes szálak hosszát, hogy az eredetileg sík keresztmetszet továbbra is sík marad, csupán elfordul. A tiszta hajlítás-

nak megfelelő alakváltozások lépnek fel. A görbületi sugár megváltozásához nincs szükség belső erőkre. A nedvességtartalom-változás okozta alakváltozás nem gátolt, éppúgy, mint egy egyenes homogén rúd esetén, sajátfeszültségek nem lépnek fel.

2. példa

Vizsgáljunk meg most egy 10 rétegű, téglalap keresztmetszetű, egyenes tengelyű tartót a rétegvastagság $h_i = 30$ mm, a rugalmassági modulusz $E_i = 13500$ MPa. folyamat során a hőmérséklet nem változik, 25 C°. A nedvességtartalmat először lineárisan, majd parabolikusan modelleztük. A 2/a ábrán folytonos vonallal jelöltük a lineáris, pontozott vonallal a parabolikus eloszlású kezdeti nedvességtartalmat. A végnedvességtartalom a teljes tartómagasságában parabolikus, amit a lineáris modellben egyenes szakaszokkal közelítettünk. A példával azt igyekeztünk modellezni, hogy egy tartó kialakításánál az egyes lamellák nedvességtartalma véletlenszerű szórást mutat, majd az összeragasztás után eltérő módon nedvesedik a keresztmetszete mentén.

A 2. és 3. táblázat tanúsága szerint a tartó görbületi sugarára a lineáris nedvességmodell kétszer akkora értéket ad. Ez a különbség annak ellenére lép fel, hogy parabolikus nedvességmegadás esetén az egyes rétegek szélein a nedvességtartalom ugyanakkora volt, mint a lineáris modellezésnél, a rétegek belsejében azonban a parabolikus változásnak megfelelően magasabb, azaz a végső nedvességtartalom-változás kisebb volt, mint a lineáris modellezésnél. A vete-medés mértékére tehát az eloszlás jellegének is jelentős befolyása lehet, nem csupán az átlagos nedvességtartalom-, vagy hőmérsékletváltozásnak. A sajátfeszültségek eloszlása a két esetben mutat bizonyos hasonlóságot, a legfontosabb tanulság azonban az, hogy a konkrét kezdeti és végső ned-

vességtartalomeloszlás lényegesen befolyásolja a feszültségeloszlás jellegét.

3. példa

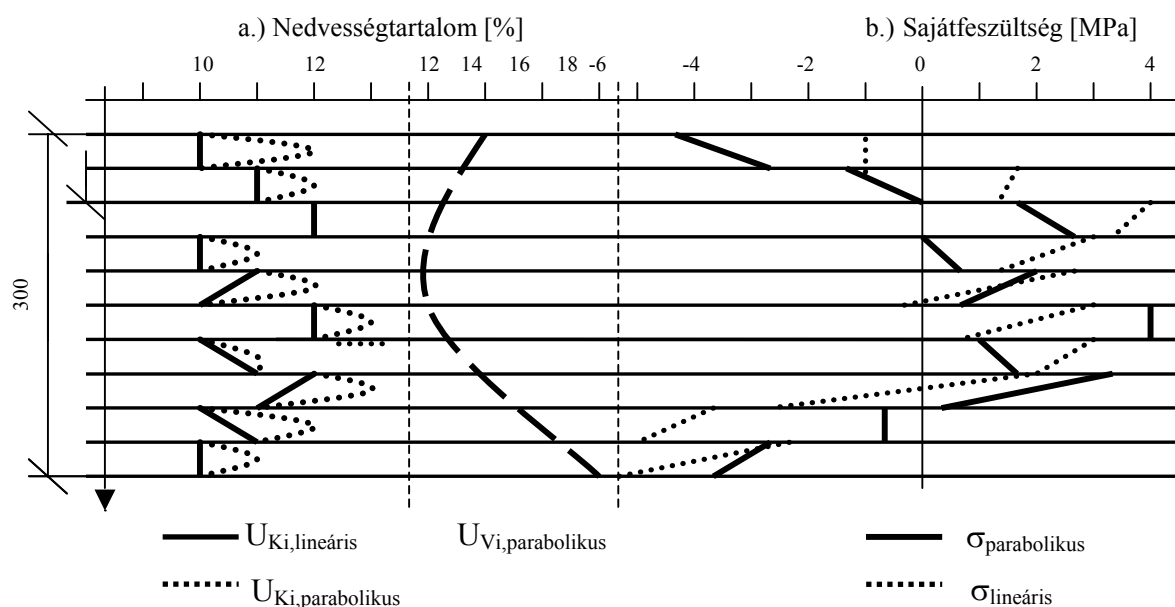
Harmadik példaként nézzünk egy konkrét ipari alkalmazást. Három rétegű szalagparket-tánál az a probléma merült fel, hogy a száradás során a szalagparketta hossz tengelyére merőle-gesen meggörbült. A mérések szerint a parketta körív alakúra görbült és a 10 cm-es szélességű csíkon középpontjának húrmagassága átlagosan 1,14 mm volt. A kezdeti és végső nedvesség tartalmat, hőmérsékletet, valamint a geometriai és anyagjellemzőket a 4. és 5. táblázat tartal-mazza, ill a 3/a ábra szemlélteti. A

2. táblázat - Alineáris modell kiindulási adatai a kiszámított feszültségi és alakváltozási értékek (görbületi sugár 718029 mm).

U_{ki}	U_{vi}	Hajlító nyomaték	Normál- erő	$\sigma_{alsó}$ szál	$\sigma_{felső}$ szál
%	%	Nmm	N	MPa	MPa
10,0	13,47	148,62	-113,300	-2,79	-4,77
11,0	12,59	115,20	-20,080	0,10	-1,43
12,0	12,04	81,791	59,615	2,53	1,44
10,0	11,80	50,403	52,630	0,51	-0,16
10,5	11,86	-83,250	39,998	0,78	1,89
12,0	12,28	-13,380	100,660	3,27	3,44
10,5	13,00	53,441	27,670	1,28	0,57
11,5	14,04	-180,40	42,972	0,23	2,64
10,5	15,40	-10,350	-35,690	-1,26	-1,12
10,0	17,08	-42,750	-107,100	-3,85	-3,28

3. táblázat - A parabolikus modell bemenő adatai és a kiszámított feszültségi és alakváltozási értékek (görbületi sugár 304000 mm)

U_{ki} felül	U_{ki} köz.	U_{ki} alul	U_{vi} felül	U_{vi} köz.	U_{vi} alul	Hajlító nyomaték	Normál- erő	$\sigma_{alsó}$ szál	$\sigma_{felső}$ szál
%	%	%	%	%	%	Nmm	N	MPa	MPa
10	12	10	14,0	13,4	12,95	6,3	-37,45	-1,21	-1,29
11	12	11	13,0	12,6	12,23	-27,1	39,57	1,14	1,50
12	12	12	12,2	12,0	11,84	-60,5	102,83	3,02	3,83
10	11	10	11,8	11,8	11,76	-91,9	70,68	1,74	2,97
11	12	10	11,8	11,8	12,00	-226,0	27,42	-0,59	2,42
12	13	12	12,0	12,2	12,55	-156,0	52,21	0,70	2,78
10	11	11	12,6	13,0	13,44	-88,9	62,98	1,51	2,69
12	13	11	13,4	14,0	14,64	-323,0	-19,95	-2,82	1,49
10	12	11	14,6	15,4	16,16	-153,0	-155,14	-6,19	-4,15
10	11	10	16,2	17,0	18,00	-286,0	-143,15	-6,68	-2,86



2. ábra – Tíz rétegű egyenes tengelyű rétegelt ragasztott tartó nedvességtartalmának kiinduló és végállapoti értékei, lineáris és parabolikus megközelítés esetén (a.). A nedvességtartalom változásból származó belső feszültségek eloszlása a két megközelítés alapján (b.).

4. táblázat – Szalagparketta lineáris modelljének kiindulási adatai és a számított feszültségi és alakváltozási értékek ($u_{Ki} 5\%$, $\Delta u_{Ki} 0\%$, $t_{Ki} 80\text{C}^0$, $t_{Ki} 25\text{C}^0$, $\Delta t_{Ki} 0\text{C}^0$, $\Delta T_{Vi} 0\text{C}^0$).

u_{Vi}	Δu_{Vi}	β_i	α	h_i	E_i	M_i	N_i	RO_i	u_{\max}	$\sigma_{\text{alsó}}$	$\sigma_{\text{felső}}$
%	%	1 / %	1/C ⁰	mm	MPa	Nmm	N	mm	mm	MPa	MPa
6,71	-0,624	0,0013	5,0E-05	3	900	-0,19	-0,4			-0,26	-0,00
7,75	-0,84	0,0001	3,7E-06	7	13500	63,23	12,3	-5685	-0,95	9,50	-5,98
7,97	-0,16	0,0026	5,8E-05	4	890	0,34	-11,8			-2,84	-3,10

5. táblázat – Szalagparketta parabolikus modelljének kiindulási adatai és a számított feszültségi és alakváltozási értékek ($u_{Kik} 5\%$, $u_{kia} 5\%$, $t_{Kif} 80\text{C}^0$, $t_{Kik} 80\text{C}^0$, $t_{Ki} 80\text{C}^0$, $t_{Vir} 25\text{C}^0$, $t_{Vik} 25\text{C}^0$, $t_{Via} 25\text{C}^0$).

U_{Vir}	U_{Vik}	U_{Via}	β_i	α	u_{\max}	$\sigma_{\text{alsó}}$	$\sigma_{\text{felső}}$
%	%	%	1 / %	1/C	mm	MP	MPa
5,71	6,71	7,71	0,0013	0,00005		-0,95	0,83
8,75	7,75	8,75	0,0001	3,71E-06	-1,11	11,95	-7,51
8,97	7,97	7,5	0,0026	5,84E-05		-1,77	-5,91

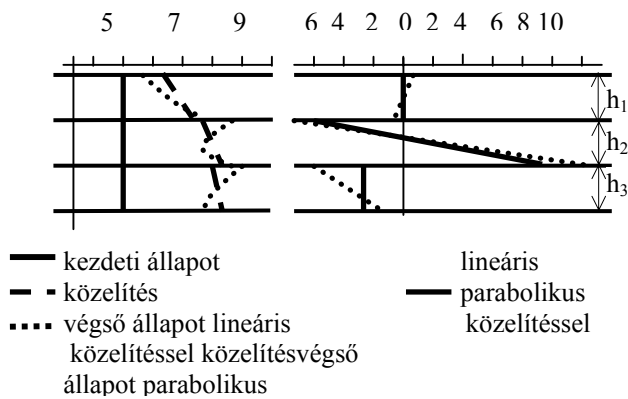
sajátfeszültségek alakulását a **3/b ábra** mutatja.

A **3/b ábrán** látható sajátfeszültségek a nedvességtartalmi modell függvényében nem változnak jelentősen. A vetemedés mértéke is hasonló. A parabolikus modell mégis jobban közelíti a max. behajlás kísérleti értékeit, mint a lineáris. A húrmagasságra a lineáris modell 0.95 mm-t, míg a parabolikus modell 1.11 mm-t adott a mért 1.14 mm valós értékhez képest.

Következtetések

A fenti példák alapján a következő általános megállapításokat tehetjük. A nedvességtartalom megadásának modelljei közül azt kell előnyben részesítenünk, amelyik alkalmas a nedvességtartalom valósághű megadására. A jellegükben azonos lineáris és parabolikus eloszlások következtében ugyanis jelentős eltérések lehetnek a belső erők és a sajátfeszültségek eloszlásában, ill. azok szélső értékeinek

a.) Nedvességtartalom [%] b.) Sajátfeszültség [MPa]



3. ábra – Három rétegű szalagparketta nedvességtartalmának kiinduló és végállapot értékei, lineáris és parabolikus megközelítés esetén (a). A nedvességtartalom változásból származó belső feszültségek eloszlása a két megközelítés alapján (b).

nagyságában. A vetemedés (a görbületi sugár) változásának mértékét a nedvességtartalmi modell csak jelentéktelen mértékben befolyásolja. Nagyságrendben azonos nedvességtartalomváltozás eloszlások hasonló vetemedést idéznek elő. A kidolgozott parabolikus modell a nedvességtartalom és hőmérséklet rétegeken belüli eloszlását a valóságot jobban megközelítő módon követi, ugyanakkor tartalmazza a lineáris megadás lehetőségét is. Végeredményben tehát

elmondhatjuk, hogy a gyakorlati számításoknál a parabolikus modell alkalmazása a saját feszültségek és alakváltozások értékére pontosabb eredményt ad. A megalkotott modell alkalmas tetszőleges rétegszámú és tulajdonságú rétegelt ragasztott tartó vagy egyéb réteges faszervezetek klímaváltozás hatására létrejött alakváltozásainak és sajátfeszültségeinek számítására.

Irodalmi hivatkozások

1. Henrici, D. 1977. *Zur Mechanik des vielfach geschichteten Verbundstabes unter Temperatur- und Feuchtigkeitsbeanspruchung*. Die Bautechnik 5, 156-163.
2. Szalai J. 1985. *Rétegelt ragasztott íves fatartók gyártás és klimatikus igénybevétel során fellépő sajátfeszültségeinek és alakváltozásának meghatározása*. Sopron. EFE. 1985. 200 old.
3. Szalai J. 1986 *Theoretische und experimentelle Untersuchung der Herstellungsbedingungen Eigenstressen von gekrümmten Brettschichtträgern*. Holz Roh Werkst 44. 1986. 69-75.
4. Szalai J. 2001 *A faszervezetek méretezését és gyártását befolyásoló sajátosságok*. Wittman Gy. szerk. Mérnöki faszervezetek II., 18 fejezet Mezőgazdasági Szaktudás Kiadó. Budapest. 143-262
5. Szalai J., Kánnár A. 2002. *Réteges felépítésű faszervezeti elemek klímaváltozás során bekövetkező vetemedésének és sajátfeszültségeinek számítása I. rés.: elméleti összefoglaló*. Faipar 50(1):19-23.

Többfejes gyalugépek rezgésvizsgálata

Csanádi Etele, Németh Szabolcs ✦

Vibrations of multi-head planers - Part 2.

Earlier studies have established basic relationships concerning the vibrations of moulders. Two 5-head moulders were studied based on these relationships. The study included the vibrations of the machines and the oscillations of the material. Results showed little variation when compared between the two machines. Standard evaluations were also attempted, but no straightforward method was found. The first part of the article contained the theoretical background, methodology and part of the experimental results. The second instalment describes the rest of the results, the evaluation and concludes the study.

A dolgozat első része a mérések elméleti hátterét és a vizsgálati módszereket, valamint egy Griggio típusú ötfejes marógép vizsgálatát ismertette. A második rész egy másik ötfejes

megmunkáló berendezés vizsgálati eredményeit, és azok értékelését tartalmazza, valamint értékeli és összefoglalja a kapott eredményeket.

✦ Dr. Csanádi Etele CSc., egy.doce., Németh Szabolcs okl. faipari mérnök, NyME Gépészeti Intézet.