

MEDEDELINGEN LANDBOUWHOGESCHOOL  
WAGENINGEN • NEDERLAND • 68-4 (1968)

ENIGE TECHNISCHE EIGENSCHAPPEN  
VAN IN NEDERLAND  
GEGROEID DOUGLAS HOUT

*Some technical properties of douglas fir wood  
grown in the Netherlands*

J. H. WISSE

*Afdeling Bosexploitatie,  
Landbouwhogeschool, Wageningen, Nederland*

Ontvangen 29-XII-1967

INHOUD

1. Inleiding . . . . .	2
2. Materiaal . . . . .	2
3. Uitvoering der proeven en apparatuur . . . . .	3
4. Resultaten . . . . .	4
4.1. Volumegewicht . . . . .	4
4.2. Statische buigproeven . . . . .	4
4.3. Drukproeven . . . . .	7
4.4. Slagproeven . . . . .	7
4.5. Afschuifproeven . . . . .	7
4.6. Splijtproeven . . . . .	7
4.7. Jaarringbreedte en percentage najaarshout . . . . .	9
5. Bespreking . . . . .	12
6. Referenties . . . . .	14
7. Summary . . . . .	14

U2040

## 1. INLEIDING

Douglas of 'Oregon pine' is een veelgebruikte houtsoort. De boom die dit hout levert (*Pseudotsuga menziesii* (MIRB.) FRANCO) komt van nature in N.W. Noord-Amerika voor en is nu in vele andere landen, ook in Europa, aangeplant. In Nederland werd na enige proeven (1857) in 1880 begonnen met areaalbeplanting. Het uit Amerika geïmporteerde douglas komt hier op de markt onder de naam 'Oregon pine'. Voor de invoer zijn van belang: de betrouwbaarheid van levering, de afmetingen (product van grote oude bomen) en de kwaliteit. Het Nederlandse product was aanvankelijk uiteraard slechts in geringe hoeveelheden verkrijgbaar, doch langzamerhand kan hier een verandering in komen door het ouder worden van de opstanden. De betrouwbaarheid (regelmaat) van levering en de leverbaarheid van grotere afmetingen is slechts een kwestie van tijd. Met de kwaliteit is dat enigszins anders gesteld. Als een bepaalde houtsoort door afnemers als 'minderwaardig' wordt beschouwd, moeten exacte cijfers aantonen wat hiervan juist is, wat de sterke en zwakke punten van deze houtsoort zijn en welke verbeteringen eventueel mogelijk zijn.

In diverse Europese landen is daarom onderzoek gedaan naar de technische eigenschappen van douglas dat ter plaatse gegroeid was. Om ook in Nederland een inzicht hierin te verkrijgen werd het hout van een 25-tal douglasbomen op de belangrijkste eigenschappen onderzocht. Het materiaal werd verkregen door bemiddeling van Ir. A. G. GERRITSEN (Bureau Inlands Hout te Austerlitz). Het onderzoek werd in opdracht van Professor Dr. Ir. J. F. KOOLS verricht door Ir. N. A. den HARTOG en Ir. J. H. WISSE met medewerking van de bosbouwstudente Mej. M. G. GOOSEN, die haar taak in een ingenieursscriptie verwerkte. De proefstukken werden zeer accuraat door de heren C. G. STEENBERGEN en J. N. HEPSEKKE aangemaakt in de werkplaats van de Afdeling Bosexploitatie.

## 2. MATERIAAL

Het proefmateriaal was afkomstig van bomen van Esbeek, Gieten, Het Loo, de Rips, de Treek en van de Veluwe en Twente. Het hout is beschikbaar gesteld door bouseigenaren en houthandelaren.

Hetgeen hier ontvangen werd, waren kwartiersplanken van  $6\frac{1}{2}$  cm dikte en bovendien een stamschijf van de onder- en bovenkant van het betreffende boomstuk.

Er was geen speciale aandacht besteed aan goede boomvorm, goede houtkwaliteit e.d.: de partij kon als normaal handelshout beschouwd worden.

De onderschijf werd gebruikt voor de leeftijdsbepaling. Deze leeftijd varieerde van 25 tot 91 jaar. De gemiddelde doorsnede van de bomen bedroeg  $27\frac{1}{2}$  tot  $65\frac{1}{2}$  cm (op  $1\frac{1}{2}$  à 2 m hoogte). De gemiddelde jaarringbreedte per boom liep van 3,6 mm tot 5,8 mm, maar jaarringbreedten van 0,3 mm en 12 mm kwamen herhaaldelijk voor (zie tabel 1).

De planken werden lange tijd onder dak bewaard tot het hout luchtdroog was; daarna werden hieruit de volgende proefmonsters aangemaakt.

425 st. van  $80 \times 5 \times 5$  cm t.b.v. statistische buigproeven  
 233 st. van  $15 \times 5 \times 5$  cm t.b.v. drukproeven  
 1258 st. van  $30 \times 2 \times 2$  cm t.b.v. slagproeven  
 443 st. van  $5 \times 6 \times 4\frac{1}{2}$  cm t.b.v. afschuifproeven  
 2850 st. van  $2 \times 2 \times 4\frac{1}{2}$  cm (Monnin) t.b.v. splijtproeven.

Deze proefmonsters werden enige maanden bewaard in een ruimte waar de luchtvochtigheid 70–80% was en de temperatuur 20–25°C.

TABEL 1. Onderzocht materiaal.  
*Trees examined.*

boomnummer <i>tree</i>	gem. doorsnede <i>mean diameter</i> cm	leeftijd <i>age in years</i> jaar	gem. jaarring- breedte <i>mean breadth of</i> <i>growth rings mm</i>
AH I	57,5	73	3,9
AH II	37,5	40	4,7
AH III	44,8	46	4,9
AH IV	43,5	58	3,8
G I	32,1	36	4,5
G II	27,5	25	5,5
G III	37	32	5,8
G IV	29,5	37	4,0
G V	35	37	4,7
L I	64,5	90	3,6
L II	65,5	91	3,6
R I	43,5	56	3,9
R II	42,3	44	4,8
R III	43	56	3,8
T I	39	54	3,6
T II	44,5	61	3,6
T III	55	65	4,2
T IV	45,5	52	4,4
T V	49,3	65	3,8
VO I	35,6	40	4,5
VO II	37,5	39	4,8
VO III	39	39	5,0
VO IV	33,2	39	4,3
VO V	41,2	53	3,9

### 3. UITVOERING DER PROEVEN EN APPARATUUR

Er werd zorg voor gedragen dat de nauwkeurigheid van maten en gewichten omstreeks 0,2% was of beter.

Bij de beproevingen had het hout een vochtgehalte van  $15 \pm 2\%$  met enkele uitschieters. Dit vochtgehalte werd veelvuldig bepaald: in duplo van alle buigbalkjes, in enkelvoud van alle drukprisma's en afschuifproeven en in groepen (b.v. alle monsters van één boom) van de slagmonsters en de splijtmonsters.

De droging geschiedde in een droogoven bij  $103 \pm 2^\circ\text{C}$  in 24 uur.

TABEL 2. Gemiddelde toename (resp. afname) in procenten van de waarden per 1% vermindering (resp. vermeerdering) van het vochtgehalte beneden het vezelverzadigingspunt. *Average increase (resp. decrease) in percent of the values affected by lowering (resp. raising) the moisture content (below the fibre saturation point) 1 percent.*

	per cent
<i>Statische buiging. Static bending.</i>	
Spanning bij proportionaliteitsgrens: <i>Fibre stress at proportionality limit:</i> . . . . .	5
Spanning bij breuk (max. spanning): <i>Fibre stress at max. load:</i> . . . . .	4
Elasticiteitsmodulus: <i>Modulus of elasticity:</i> . . . . .	2
Arbeid tot prop. grens: <i>Work to prop. limit:</i> . . . . .	8
Arbeid tot breuk: <i>Work to max. load:</i> . . . . .	$\frac{1}{2}$
<i>Druk in vezelrichting. Compression parallel te grain.</i>	
Drukvastheid: <i>Max. crushing strength:</i> . . . . .	6
<i>Afschuiving in vezelrichting. Shearing parallel to grain.</i>	
Afschuifvastheid: <i>Max. shearing strength:</i> . . . . .	3
<i>Volumege wicht. Specific gravity. (afname bij vochtvermindering; decrease by lowering m.c.) . . . . .</i>	
	$\frac{1}{2}$

De verkregen sterktecijfers werden alle omgerekend op 15% vochtgehalte volgens de in tabel 2 gegeven waarden.

Ook de uit de literatuur verkregen gegevens zijn op deze wijze omgerekend. Alhoewel e.e.a. niet geheel accuraat is, kunnen toch hierdoor betrouwbare vergelijkingen gemaakt worden.

De buigproeven, drukproeven, afschuifproeven, slijt- en slagproeven werden alle verricht met instrumenten van de firma Amsler en Co. te Schaffhausen. De hydraulische machine werd gekeurd en geijkt door de Stichting Technische en Fysische Dienst van de Landbouw te Wageningen.

## 4. RESULTATEN

### 4.1. *Volumege wicht*

Het volumege wicht werd bepaald door de gemeten waarden luchtdroog gewicht/luchtdroog volume op elkaar te delen.

Hierna (en na de beproeving van de monsters) werd het vochtgehalte bepaald en de in vorig hoofdstuk genoemde correctie aangebracht om het volumege wicht bij 15% vochtgehalte te verkrijgen.

De bepaling van het volumege wicht werd gedaan aan 1849 monsters, zoals weergegeven in tabel 3. De gevonden gemiddelde waarde van 0.58 voor het volumege wicht bij 15% vochtgehalte is hoog, doch statistisch betrouwbaar.

### 4.2. *Statische buigproeven*

De buigproeven werden verricht volgens in Europa gebruikelijke normen, zoals: belasting op het radiale vlak; belastingsduur tot breuk in 2-5 minuten enz.

Een representatief voorbeeld van de metingen en berekeningen wordt gegeven in tabel 4.

Het aantal jaarringen (per 5 cm) werd bij elk balkje geteld en ook het jaar-ringverloop genoteerd. Beide hebben evenwel geen noemenswaardige invloed

TABLE 3. Volumegewicht van douglas bij 15% vochtgehalte.  
Specific gravity of douglas fir based on weight and volume at 15% m.c.

boom tree	buigmonsters static bending samples 80 × 5 × 5 cm			drukmonsters samples for crushing 15 × 5 × 5 cm			slagmonsters samples for impact bending 30 × 2 × 2 cm					
	aantal number	max.	gemid. mean	min.	aantal number	max.	gemid. mean	min.	aantal number	max.	gemid. mean	min.
AH I	54	0,71	0,58	0,41	29	0,71	0,56	0,41	129	0,74	0,60	0,43
AH II	6	0,62	0,58	0,51	6	0,66	0,59	0,50	25	0,69	0,59	0,50
AH III	10	0,64	0,55	0,50	8	0,63	0,55	0,47	34	0,66	0,55	0,46
AH IV	12	0,63	0,56	0,50	8	0,62	0,56	0,51	31	0,68	0,59	0,52
E	9	0,60	0,56	0,52	5	0,55	0,52	0,47	30	0,61	0,54	0,47
G I	5	0,60	0,58	0,55	6	0,60	0,57	0,54	—	—	—	—
G II	5	0,51	0,49	0,45	4	0,50	0,48	0,47	30	0,55	0,49	0,45
G III	7	0,61	0,55	0,50	6	0,60	0,57	0,52	25	0,62	0,57	0,51
G IV	5	0,56	0,54	0,53	5	0,57	0,55	0,53	26	0,62	0,56	0,51
G V	6	0,55	0,52	0,47	6	0,54	0,51	0,45	33	0,60	0,51	0,40
L I	48	0,66	0,57	0,45	24	0,66	0,56	0,46	131	0,70	0,57	0,43
L II	53	0,64	0,54	0,44	24	0,62	0,53	0,45	133	0,69	0,54	0,39
R I	17	0,68	0,65	0,61	9	0,66	0,63	0,58	48	0,70	0,64	0,58
R II	13	0,71	0,66	0,62	7	0,68	0,65	0,60	44	0,76	0,67	0,53
R III	13	0,68	0,64	0,60	7	0,68	0,63	0,59	35	0,75	0,65	0,59
T I	12	0,64	0,66	0,56	6	0,61	0,59	0,56	40	0,66	0,61	0,56
T II	13	0,62	0,59	0,54	9	0,61	0,59	0,55	47	0,66	0,61	0,56
T III	34	0,72	0,67	0,63	16	0,73	0,70	0,65	89	0,77	0,71	0,60
T IV	15	0,64	0,61	0,58	7	0,62	0,60	0,57	48	0,74	0,62	0,57
T V	32	0,68	0,58	0,52	14	0,61	0,58	0,53	77	0,66	0,60	0,49
VO I	12	0,60	0,58	0,53	7	0,61	0,57	0,52	28	0,64	0,60	0,55
VO II	10	0,63	0,60	0,56	5	0,61	0,60	0,59	27	0,65	0,62	0,55
VO III	10	0,51	0,47	0,42	5	0,52	0,48	0,42	26	0,57	0,49	0,42
VO IV	9	0,59	0,55	0,50	4	0,58	0,54	0,51	21	0,63	0,57	0,49
VO V	12	0,55	0,52	0,48	7	0,54	0,51	0,46	33	0,59	0,53	0,45
	425	0,72	0,58	0,41	234	0,73	0,57	0,41	1190	0,77	0,59	0,39

Gemiddelde van alle monsters 0,58. Mean of all samples 0,58.

Tabel 4. Voorbeeld werkstaat.

LANDBOUWHOGESCHOOL  
Afd. Bosexploitatie

Buigingsonderzoek

(op het radiale vlak)

datum: 10-9-1967

temp.: 22°C

vocht %: 75

Houtsoort: Douglas  
Serie no.: LX 05<sup>b</sup>

Bijzonderheden: —

Aantal jaarringen per 5 cm: 9-11  
Verloop jaarringen: *n (= kecht)*

Lengte balk: 80 cm (L) Hoogte: 4,95 cm(h)

Spanlengte: 70 cm (l) Breedte: 4,90 cm(b)

Volume (L.b.h) 1972,00 cm<sup>3</sup> (V)

Volume (l.b.h) 1725,57 cm<sup>3</sup> (v)

Max. belast.: 910 kg (P<sub>b</sub>)

P<sub>b</sub> bereikt in: 4 min.

Belasting toename per mm doorbuiging

mm belast toen		mm belast toen	
1	110 80	7	590 65
2	190 80	8	655
3	270 90	9	
4	360 80	10	
5	440 80	11	
6	520 70	12	

Vochtblok A g<sub>1</sub>: 17,741 g

B g<sub>1</sub>: 18,827 g

Vocht %

droog g<sub>2</sub>: 15,282 g

droog g<sub>2</sub>: 16,230 g

$\frac{g_1 - g_2}{g_2} \cdot 100\% = 16$

2,459 g

2,597 g

Correctie tot 15% vocht

Gewicht balk: 1190,2 g(g)

Volumegewicht:  $\frac{g}{v} = 0,6035$

Proportionaliteitsgrens: 440 kg(P<sub>p</sub>)

Doorbuiging bij P<sub>p</sub>: 0,50 cm(f)

Doorbuiging bij P<sub>b</sub>: 2,4 cm(F)

Spanning bij P<sub>p</sub>:  $\frac{3 P_p l}{2 b h^2} = \frac{3 \times 440 \times 70}{2 \times 4,90 \times 4,95^2} = 378,611$

Spanning bij P<sub>b</sub>:  $\frac{3 P_b l}{2 b h^2} = \frac{3 \times 910 \times 70}{2 \times 4,90 \times 4,95^2} = 743,036$

Elasticiteitsmodulus:  $\frac{P_p l^3}{4 f b h^3} = \frac{440 \times 70^3}{4 \times 0,5 \times 4,90 \times 4,95^3} = 124,932$

Arbeid tot P<sub>p</sub>: 0,94 kgm (A<sub>p</sub>) A<sub>p</sub>/v = 0,543

Arbeid tot P<sub>b</sub>: 15,39 kgm (A<sub>b</sub>) A<sub>b</sub>/v = 8,916

Arbeid na P<sub>b</sub>: 13,77 kgm (A<sub>n</sub>) A<sub>n</sub>/v = 7,978

(tot P<sub>b</sub>/5)

per 1%	bij 15%
1/2%	0,600
5%	S <sub>p</sub> = 397,54 kg/cm <sup>2</sup>
4%	S <sub>b</sub> = 814,36 kg/cm <sup>2</sup>
2%	E = 127,432 kg/cm <sup>2</sup>
8%	A <sub>p</sub> /v = 0,59 kgm/dm <sup>3</sup>
1/2%	A <sub>b</sub> /v = 8,96 kgm/dm <sup>3</sup>
-	A <sub>n</sub> /v = 7,98 kgm/dm <sup>3</sup>
	A <sub>n</sub> /A <sub>b</sub> = 89,5 %

op de sterktecijfers. Slechts in het geval de balk een groot aantal zeer smalle jaarringen bevatte lagen de cijfers wat hoog. Ook kwasten hadden weinig invloed op het gemiddelde; wel wordt de spreiding hierdoor groter. Nog sterker is dit met balkjes waar het hart van de boom in voorkwam. Het volumegewicht van deze balkjes was meest laag, maar ook wel eens bijzonder hoog (vermoedelijk door hars).

In tabel 5 zijn de gemiddelde waarden van alle bomen afzonderlijk gegeven, terwijl onderaan het gemiddelde van alle monsters is gegeven.

#### 4.3 Drukproeven

In tabel 6 zijn de gevonden drukvastheidwaarden voor de verschillende bomen gegeven. De belastingtoename bij de beproeving bedroeg  $240 \text{ kg/cm}^2/\text{min}$ . De afmetingen van de prisma's ( $15 \times 5 \times 5 \text{ cm}$ ) geven een enigszins lagere waarde dan de dikwijls gebruikte cubi van  $5 \times 5 \times 5 \text{ cm}$ . De verschillen zijn evenwel zo gering dat vergelijking mogelijk blijft. De berekende drukbreuklengte is de lengte in km waarbij een kolom hout onder zijn eigen gewicht breekt. Het gemiddelde van alle monsters is onderaan gegeven en gebaseerd op 232 st., hetgeen volgens een berekend variatiecoëfficiënt voldoende is.

#### 4.4 Slagproeven

Tabel 7 geeft de gevonden slagvastheidcijfers. Een aantal slagbalkjes werd afgekeurd wegens kwasten of ingesloten hart. De invloed hiervan is n.l. bij deze dunne balkjes van  $2 \times 2 \text{ cm}$  zeer groot en leidde o.a. tot extreem lage waarden als 1,1 en 1,9 m  $\text{kg/dm}^3$ . De cijfers voor 'radiaal' en 'tangenciaal' zijn voor de balkjes waar de jaarringoriëntering redelijk voldeed. In de 'totaal'-kolom zijn mede de scheve balkjes opgenomen. De gemiddelden onderaan de tabel zijn weer van alle monsters. Het vochtgehalte varieerde van 11–14%.

#### 4.5 Afschuifproeven

De proefblokjes werden gemaakt volgens een model van het Bosbouwproefstation Bogor Indonesia. De afschuiving is hierbij éézijdig en wel 4 cm hoog en 5 cm breed. De belastingsnelheid bedroeg  $50 \text{ kg/cm}^2/\text{min}$ . Het vochtgehalte van de monsters lag tussen de 12,3% en 15,8%. In tabel 8 zijn de gevonden afschuifwaarden gegeven. Ongeveer 10% van de monsters had een jaarringoriëntatie die 'scheef' genoemd kon worden. De invloed op het gemiddelde was evenwel klein.

#### 4.6 Splijtproeven

Hoewel een groot aantal splijtproeven werd verricht wordt de waarde van de uitkomst gering geacht. De monsters, vervaardigd volgens het model Monnin, zijn dermate klein, dat onopvallende afwijkingen als vezelverloop, kwastjes, scheurtjes e.d. van grote invloed zijn.

Het algemene gemiddelde van de 2850 monsters gaf een splijtvastheid van 11,1 kg/cm (dus 22,2 kg/2 cm breedte van het blokje). De blokjes waren bij de test nog niet goed geconditioneerd. Het vochtgehalte bedroeg gemiddeld  $\pm$

∞ TABEL 5. Buijproeven. *Static bending.*

Sterkte en elasticiteits eigenschappen van Nederlands douglas: driepuntbuiing van rechthoekige balkjes (80 × 5 × 5 cm): steunpuntsafstand 70 cm: belasting op radiale vlak: gelijkmatige belasting toename, max. belasting na 2-5 min.: temp. proefkamer ca. 20°C: (waarden omgerekend op 15% vocht geh.)

*Static bending strength and related properties of Netherlands douglas fir-wood: small square beams (80 × 5 × 5 cm): span 70 cm: central loading on radial face: max load reached after 2-5 min.: temp. testing about 20°C (all values adjusted on 15% moisture content)*

1.	2.	3.	4.	5.	6.	7.	8.	9.	10.	11.	12.	13.	14.	15.
Boom nr.	Aantal monsters	Vol. gew.	Belasting bij prop. grens	Max. belast.	Doorbuig. bij prop. grens	Doorbuig. bij max. belast.	Spanning bij prop. grens	Brekspanning	Elast. modulus	Arbeid tot prop. grens	Arbeid tot max. belast.	Arbeid na breuk	Totale arbeid	Leeftijd boom.
		kg	kg	kg	cm	cm	kg/cm <sup>2</sup>	kg/cm <sup>2</sup>	1000kg/cm <sup>2</sup>	kg/dm <sup>3</sup>	kg/cm <sup>2</sup>	kg/dm <sup>3</sup>	kg/dm <sup>3</sup>	jaar
AH I	54	0,58	346	845	0,46	1,8	289	715	106	0,47	6,38	6,01	12,39	73
AH II	6	0,58	325	906	0,41	1,8	278	771	106	0,42	5,58	8,26	13,84	40
AH III	10	0,55	299	885	0,39	2,3	260	764	106	0,37	7,98	5,74	13,72	46
AH IV	12	0,56	367	965	0,45	2,1	327	845	111	0,56	7,96	5,15	13,11	58
E	9	0,56	258	623	0,40	2,-	257	604	91	0,44	5,39	6,51	11,90	
G I	5	0,58	665	1094	0,84	2,2	559	924	107	1,63	8,71	4,84	13,55	36
G II	5	0,49	535	763	0,85	1,9	465	657	86	1,40	5,57	4,37	9,94	25
G III	7	0,55	523	906	0,74	2,7	485	821	102	1,32	9,74	8,92	18,66	32
G IV	5	0,54	580	999	0,73	2,3	497	796	109	1,25	8,58	7,62	16,19	37
G V	6	0,52	534	843	0,83	2,8	454	736	89	1,38	9,89	7,24	17,13	37
L I	48	0,57	425	1014	0,49	2,1	339	821	118	0,58	8,49	6,21	14,69	90
L II	53	0,54	390	825	0,51	2,1	346	729	111	0,63	6,85	4,74	11,59	91
R I	17	0,65	396	966	0,39	2,4	406	959	155	0,60	10,41	9,82	20,23	56
R II	13	0,66	533	1098	0,54	2,2	454	939	142	0,83	9,93	10,17	20,10	44
R III	13	0,64	375	886	0,44	2,0	346	806	127	0,52	7,21	8,32	15,51	56
T I	12	0,60	381	965	0,41	2,0	312	798	129	0,44	9,37	7,43	16,80	54
T II	16	0,59	376	1031	0,41	2,5	315	867	125	0,44	10,01	6,61	16,62	61
T III	34	0,67	449	1086	0,48	2,3	394	966	135	0,71	10,03	10,99	21,01	65
T IV	15	0,61	506	1048	0,58	2,2	417	867	121	0,82	9,15	8,66	17,80	52
T V	32	0,58	421	973	0,52	2,4	335	789	110	0,60	9,61	9,95	19,56	65
VO I	12	0,58	433	995	0,51	2,7	382	871	117	0,66	11,18	8,40	19,57	40
VO II	10	0,60	440	971	0,64	2,7	389	856	119	0,71	11,16	10,20	21,36	39
VO III	10	0,47	370	800	0,55	2,6	328	703	97	0,62	8,47	3,59	12,05	39
VO IV	9	0,55	479	1009	0,55	2,6	420	883	127	0,91	12,36	9,31	21,58	39
VO V	12	0,52	341	725	0,52	1,8	296	660	95	0,56	5,03	2,86	7,88	53
Gem.: Mean	425	0,58	408	933	0,51	2,2	353	805	116	0,64	8,41	7,23	15,64	age of tree
	number of samples	spec. grav.	load at prop. lim.	max. load	deflect. prop. lim.	deflect. max. load	fibres stress	modulus rupture	modulus elast.	work to prop. lim.	work to max. load	work to ter max.	total work	



TABEL 6. Drukvastheid evenwijdig aan de vezelrichting van douglashout gegroeid in Nederland.  
*Max. crushing strength parallel to grain of the wood of douglas fir grown in the Netherlands.*  
 Waarden omgerekend op 15% vochtgehalte. *Values adjusted to 15% moisture content*

boom tree	Drukvastheid Crushing strength kg/cm <sup>2</sup>			Drukbreuklengte in km Length of compression failure d/100 VG (VG = vol. gew. = spec. grav.)			aantal monsters number of samples
	min.	gem. mean	max.	min.	gem. mean	max.	
AH I	240,2	354,4	506,4	5,10	6,23	7,23	29
AH II	262,4	372,2	449,4	5,25	6,27	7,02	6
AH III	280,1	352,6	496,6	5,72	6,42	7,45	8
AH IV	338,6	387,8	453,3	6,29	6,94	7,41	8
E	313,0	356,1	385,2	6,02	6,68	7,02	4
G I	385,0	407,3	439,4	6,42	7,17	7,71	6
G II	304,5	318,0	335,3	6,40	6,59	6,99	4
G III	300,8	358,5	386,3	5,78	6,30	6,96	6
G IV	342,0	386,0	409,3	6,45	7,05	7,58	5
G V	267,4	321,0	347,3	5,71	6,33	6,94	6
L I	310,1	392,4	457,4	6,60	7,—	8,10	23
L II	293,2	365,0	453,5	6,51	6,87	7,32	24
R I	366,8	449,7	493,5	5,82	7,22	7,83	9
R II	396,8	480,6	534,8	6,61	7,34	7,87	7
R III	407,2	426,3	445,8	6,27	6,75	7,31	7
T I	416,7	443,5	471,1	7,44	7,56	7,85	6
T II	360,—	414,6	450,3	5,90	7,05	7,63	9
T III	456,3	546,6	586,6	7,02	7,84	8,26	16
T IV	422,5	455,7	482,1	7,16	7,60	7,89	7
T V	343,4	411,8	465,4	5,95	7,13	8,03	14
VO I	324,4	388,8	423,3	6,24	6,88	7,13	7
VO II	387,2	400,6	416,3	6,56	6,70	6,82	5
VO III	261,3	298,1	334,8	5,63	6,25	6,98	5
VO IV	340,9	400,9	436,6	6,68	7,25	7,53	4
VO V	251,4	330,1	370,2	5,35	6,49	6,87	7
gem. mean	240,2	396,5	586,6	5,10	6,88	8,26	232

*Length of compression failure is the length in km at which a column fails under its own weight.*

12,5%. De invloed van het vochtgehalte op de splijtvastheid is, indien beneden de 20%, niet groot.

#### 4.7 Jaarringbreedte en percentage najaarshout

Van alle monsters werd het aantal jaarringen geteld om te onderzoeken of de jaarringbreedte een bepaalde aanwijzing zou kunnen zijn voor de sterkte-waarden. Dit bleek echter in slechts zeer geringe mate het geval. Verschillende steekproeven werden genomen en enige correlatiecoëfficiënten berekend. Zo werd een correlatiecoëfficiënt van 0,585 gevonden voor de betrekking jaarringbreedte - volumegewicht. Andere waarden hadden nog kleinere correlatie.

TABEL 7. Slagvastheid (luchtdroog) hout van douglas in mkg/dm<sup>3</sup>  
Impact bending strength (air dry) in mkg/dm<sup>3</sup>.

boom tree	Radiaal				Tangentiaal				Totaal (incl. scheef) (incl. oblique)			
	aant. numb.	min.	gem. mean	max.	aant. numb.	min.	gem. mean	max.	aant. numb.	min.	gem. mean	max.
AH I	54	5,1	27,9	77,2	48	16,8	43,2	99,6	103	5,1	34,9	99,6
AH II	10	9,-	22,4	31,2	10	13,4	39,-	79,4	22	9,-	26,1	79,4
AH III	13	10,8	22,1	30,8	11	17,3	34,-	57,3	25	10,8	27,8	60,5
AH IV	8	17,2	26,7	38,5	11	18,9	39,6	55,3	23	17,2	33,9	55,3
E	7	11,2	18,2	24,2	8	14,4	31,7	59,2	18	11,2	23,7	59,2
GI	9	14,8	21,1	29,8	8	12,3	26,2	41,-	24	10,8	22,4	41,-
GII	12	8,4	16,3	24,-	12	7,3	22,6	39,2	28	7,3	19,3	39,2
GIII	10	10,3	28,9	52,9	9	11,4	40,-	53,7	20	10,3	34,9	53,7
GIV	9	13,5	28,-	37,4	9	9,2	30,1	50,9	24	9,2	31,1	65,9
GV	9	19,5	27,9	41,8	11	20,6	38,3	69,1	25	15,2	26,6	59,1
LI	57	15,4	25,-	37,3	58	7,5	41,1	85,6	118	7,5	32,8	85,6
LII	54	8,2	20,2	33,2	58	4,8	29,4	76,1	115	4,8	24,9	76,1
RI	15	15,8	31,1	39,6	18	20,2	48,-	73,-	35	15,8	40,2	73,-
RII	11	21,5	35,7	52,-	15	31,1	49,8	84,8	28	21,5	43,6	84,8
RIII	10	20,9	28,4	36,8	11	21,7	34,7	48,2	21	20,9	31,7	48,2
TI	17	17,8	27,3	40,8	14	15,8	46,-	77,3	32	15,8	36,0	77,3
TII	19	12,5	26,2	38,5	19	16,-	46,5	98,9	39	12,5	37,1	98,9
TIII	30	14,-	32,1	48,5	37	12,6	45,5	100,1	71	12,6	39,1	100,1
TIV	17	10,2	26,1	36,9	14	13,9	40,2	59,6	35	10,2	33,9	70,1
TV	20	19,1	25,7	41,-	26	24,6	44,3	92,4	49	12,1	36,2	92,4
VO I	12	22,8	30,2	48,4	11	27,3	51,6	79,7	23	22,8	40,4	79,7
VO II	11	20,4	35,8	66,9	9	21,2	49,4	73,4	20	20,4	42,-	73,4
VO III	9	15,8	21,-	37,3	11	21,5	30,7	47,9	20	15,8	26,3	47,9
VO IV	7	22,8	34,-	42,3	6	40,4	49,9	61,2	15	22,8	40,7	61,2
VO V	10	10,6	19,1	29,4	10	8,5	23,3	46,9	20	8,5	21,2	46,9
	440	5,1	26	77,2	454	4,8	39,3	100,1	953	4,8	32,6	100,1

Voor omrekening tot mkg/cm<sup>2</sup>: × 0,024  
For converting in mkg/cm<sup>2</sup>: × 0,024

TABEL 8. Afschuifvastheid van in Nederland gegroeid douglas (// vezel)  
*Maximum shearing strength parallel to grain of douglas fir wood grown in the Netherlands.*  
 Waarden omgerekend op 15% vochtgehalte. Values adjusted to 15% moisture content.

boom tree	Radiaal				Tangentiaal				Totaal			
	aant. numb.	min.	gem. mean	max.	aant. numb.	min.	gem. mean	max.	aant. numb.	min.	gem. mean	max.
AH I	28	74,7	94,-	127,2	26	64,6	88,-	111,9	54	64,6	91,1	127,2
AH II	6	71,2	92,8	102,-	5	79,3	95,2	108,3	11	71,2	93,9	108,3
AH III	9	68,8	86,2	107,-	9	68,1	87,4	111,2	18	68,1	86,8	111,2
AH IV	9	50,7	76,4	94,7	8	57,1	73,4	100,5	17	50,7	75,-	100,5
E	4	83,9	90,4	93,7	4	71,9	75,1	82,5	8	71,9	83,3	93,7
GI	4	82,8	86,9	92,4	3	76,4	96,8	116,5	7	76,4	90,7	116,5
GII	3	72,5	74,7	78,2	3	61,-	66,4	72,1	6	61,-	70,5	78,2
GIII	6	91,2	103,4	116,6	5	98,9	104,2	112,4	11	91,2	103,8	116,6
GIV	4	67,3	85,2	95,9	4	68,3	73,5	74,7	8	67,3	78,7	95,9
GV	5	77,2	82,6	88,1	5	79,2	87,1	92,5	10	77,2	84,9	92,5
LI	22	74,1	90,6	105,5	22	68,2	84,7	110,1	44	88,2	87,6	110,1
LII	24	66,9	85,8	104,9	23	56,8	76,7	99,1	47	56,8	81,3	104,9
RI	9	90,6	106,5	138,6	9	74,1	91,2	114,4	18	74,1	98,8	138,6
RII	6	87,6	102,8	119,8	6	88,4	100,8	113,3	12	87,6	101,8	119,8
RIII	6	76,6	96,7	111,8	7	85,2	99,7	123,1	13	76,6	98,3	123,1
TI	7	96,-	108,1	118,6	6	71,9	85,5	106,8	13	71,9	97,7	118,6
TII	8	80,4	96,7	107,9	9	86,3	93,3	98,4	17	80,4	95,-	107,9
TIII	14	86,3	110,4	135,1	16	74,5	99,9	118,-	30	74,5	104,8	135,1
TIV	8	75,5	104,4	140,3	7	79,9	95,3	114,1	15	75,5	100,2	140,3
TV	14	69,8	93,9	122,7	14	79,4	91,2	102,3	28	69,8	92,6	122,7
VO I	8	75,9	93,9	101,8	8	88,2	98,4	115,8	16	75,9	96,1	115,8
VO II	5	99,9	107,3	118,9	5	98,2	106,6	116,6	10	98,2	107,-	118,9
VO III	6	78,7	88,9	99,2	6	71,8	79,7	93,6	12	71,8	84,3	99,2
VO IV	4	81,-	89,6	97,5	3	90,4	95,-	100,8	7	81,-	91,9	100,8
VO V	5	82,9	92,1	102,4	6	79,2	93,7	106,4	11	79,-	93,-	106,4
gemidd. mean of all samples	224	50,7	93,9	140,3	219	56,8	88,9	123,1	443	50,7	91,4	140,3

Het percentage najaarshout werd bepaald aan 71 drukbalkjes, door bij elk balkje over  $2 \times 5$  cm cumulatief het najaarshout te meten (bij een vergroting van  $12\frac{1}{2}$ ; versterkt kleurcontrast volgens een recept van KNIGGE 1962). Een minimum van 19% en een maximum van 63% werd gemeten. Prisma's met ingesloten hart werden hier niet bij betrokken. Er was een tendens waar te nemen dat smallere jaarringen een groter percentage najaarshout hadden (correlatiecoëfficiënt 0,684). Een duidelijker verband is er tussen hoger volume-gewicht bij hoger percentage najaarshout (correlatiecoëfficiënt 0,86). De drukvastheid toonde een correlatiecoëfficiënt van 0,730 met het percentage najaarshout.

## 5. BESPREKING

De belangrijkste gevonden waarden zijn: volumegewicht 0,58, breukspanning 805 kg per  $\text{cm}^2$ , elasticiteitsmodulus 116000 kg per  $\text{cm}^2$ , drukvastheid 397 kg per  $\text{cm}^2$  en afschuifvastheid 91 kg per  $\text{cm}^2$ .

Het meest opvallende cijfer in dit onderzoek is dat van het volumegewicht. Een gemiddeld volumegewicht van 0,58 (bij 15% vochtgehalte) wordt nergens in de literatuur genoemd. Enkele voorbeelden zijn: Engeland 0,49 (ARMSTRONG 1960), Duitsland 0,48, U.S.A. 0,48 (GÖHRE 1957), Oost-Duitsland  $\pm 0,51$  (Taschenbuch). Slechts in een publicatie van GIORDANO (1959) worden hogere waarden genoemd die door verschillende auteurs gepubliceerd zouden zijn. Alle hier genoemde cijfers zijn uiteraard omgerekend tot waarden bij 15% vochtgehalte.

Nu is bij dit onderzoek de nauwe correlatie tussen volumegewicht en sterkte-cijfers niet zo duidelijk naar voren getreden als bij vele onderzoekers wordt gemeld. Het meest evident was een correlatiecoëfficiënt van 0,905 voor het verband volumegewicht-drukvastheid.

Voor het verband volumegewicht-elasticiteitsmodulus is deze 0,722 (balkjes met ingesloten hart niet meegerekend) en voor volumegewicht-buigvastheid 0,693.

In tabel 9 zijn gegevens van ARMSTRONG (1960) en KOLLMANN (1951) verwerkt. Voor een juist vergelijk zijn alle waarden in hetzelfde (metrische) stelsel uitgedrukt en omgerekend voor 15% vochtgehalte. Toch dient de vergelijking met enige reserve te geschieden omdat de proefmethodes verschillend kunnen zijn geweest.

Als dus de verkregen cijfers met reeds bekende cijfers worden vergeleken, dan komt duidelijk naar voren dat het inheemse douglas niet onder behoefte te doen voor geïmporteerd 'Oregon pine', mits aan dezelfde keuringseisen, vooral wat noestigheid betreft wordt voldaan. Voor wat de kwaliteit van het onderzochte materiaal betreft kan deze op 'constructiehout' gesteld worden (KVH 1966) terwijl voor dergelijk onderzoek meestal betere kwaliteit wordt gebruikt.

Slechts de breedte van de jaarringen zou niet voldaan hebben. Evenwel kwam bij dit onderzoek niet tot uiting dat hout met jaarringen breder dan 4 of 5 mm minder sterk zou zijn.

TABEL 9. Sterktecijfers van enige naaldhoutsoorten.  
*Strength values of some softwoods.*  
 Nederland – dit onderzoek: *this research.*  
 Engeland – ARMSTRONG 1960.  
 U.S.A. en Duitsland – KOLLMANN 1951.  
 Alle waarden omgerekend tot bij 15% vochtgehalte.  
*All values adjusted to 15% moisture content.*

	herkomst <i>origin</i>	vol. gew. <i>spec. grav.</i>	breukspan. <i>max. fiber stress</i>	elast. mod. <i>modulus of elasticity</i>	arbeid: <i>work</i>		drukvasth. <i>crushing strength</i>	afschuifvasth. <i>shearing strength</i>
					tot max. belast. <i>to max. load</i>	totaal werk		
douglas	Nederland	0,58	805	116000	8,41	15,64	397	91
douglas	Engeland U.S.A.	0,49 0,51	743 695	108000 108100	7,55	14,75	380 385	89 72
Abies alba	Engeland Duitsland	0,46 0,45	674 642	100000 94000	7,06	14,06	341 385	79 46
Larix decidua	Engeland	0,55	786	98000	9,49	15,51	399	97
Larix decidua	Duitsland	0,59	871	129000			451	82
Larix leptolepis	Engeland	0,49	737	79000	9,01	14,82	372	95
Pinus silvestris	Engeland	0,52	743	105000	7,76	13,16	383	90
Pinus silvestris	Duitsland	0,52	880	112800			451	91
Picea abies	Engeland	0,44	643	91000	7,82	13,99	327	75
Picea abies	Duitsland	0,47	686	103400			410	61

## 6. REFERENTIES

- (1966) Taschenbuch der Holztechnologie Leipzig.
- ARMSTRONG, F. H. (1960), The strength properties of timber. For. Prod. Res. Bull., nr. 45, London.
- GÖHRE, K. (1957), Die Douglasie und ihr Holz Berlin.
- JAPING, H. W. (1957), Onderzoek naar de belangrijkste mechanische en fysische eigenschappen van 41 Surinaamse houtsoorten. Kon. Inst. Trop., Meded, nr. 122.
- KNIGGE, W. (1962), Untersuchungen über die Abhängigkeit der mittleren Rohdichte nord-amerikanischer Douglasienstämme von unterschiedlichen Wuchsbedingungen, Holz, Roh-u. Werkst., 20, 352–360.
- KOLLMANN, F. (1951), Technologie des Holzes und der Holzwerkstoffe 1er Band, München.
- MARKWARDT, L. J. (1954), Recommended methods of tests evaluating the properties of solid timber. Proc. 3d Conf. Wood Technol. FAO-Paris, p. 73–80.
- WILSON, T. R. C. (1932), Strength- moisture relations for wood. USDA. Tech. Bull. 282.

## 7. SUMMARY

In the Netherlands – as in other countries – the need was felt to ascertain exact figures of the most important mechanical and physical properties of ‘home’-grown douglas-fir-wood.

For this reason some 25 trees were obtained from several parts of the country in order to examine the specific gravity, static bending-, impact bending-, shearing-, crushing- and cleavage strength of the timber.

Before testing the wood was air seasoned and the testing samples were conditioned to  $15 \pm 2\%$  moisture content. The temperature was kept at about  $20^{\circ}\text{C}$ . Deviations of the 15% moisture content were taken into account when giving the final figures (for correction factors see tabel 2).

One of the most striking results of these tests were the remarkable figures of the specific gravity (weight/volume; both when air dry). The mean figure of  $0,58 \text{ g/cm}^3$  (32 lb per cu. ft) seems rather high, but it is statistically reliable. Specific gravity was not found to be a very strong indication for most of the different strength properties. Only crushing strength and specific gravity correlated to 0,905. The other strength properties showed correlation factors of about 0,700 when related to specific gravity.

Tabel 9 shows our own results for douglas and those from the publications of ARMSTRONG (1960) and KOLLMANN (1951) with their figures for norway spruce, scotch pine, larch and silver fir also included. All data are transformed in the metric system and converted to 15% moisture content where necessary.

From these figures one can – with proper reserves – draw the conclusion that Netherland’s douglas fir is at least comparable with the afore mentioned timbers and can with success be applied for construction purposes, with the preconception that it is graded properly with special regard to its knottiness.