

Herbert Wittel, Dieter Muhs, Dieter Jannasch, Joachim Voßiek

# Roloff / Matek

## Machineonderdelen

5e herziene druk

Tabellenboek

Herbert Wittel  
Dieter Muhs  
Dieter Jannasch  
Joachim Voßiek

# **ROLOFF/MATEK MACHINEONDERDELEN**

Tabellenboek

5e herziene druk



Meer informatie over deze en andere uitgaven kunt u verkrijgen bij:  
Sdu Klantenservice  
Postbus 20014  
2500 EA Den Haag  
tel.: (070) 378 98 80  
www.sdu.nl/service

Oorspronkelijke titel: Herbert Wittel, Dieter Muhs, Dieter Jannasch, Joachim Voßiek,  
*Roloff/Matek Maschinenelemente.Tabellenbuch. 20 Auflage.*  
© 2011 Vieweg+Teubner | Springer Fachmedien Wiesbaden GmbH  
Springer Fachmedien is part of Springer Science+Business Media  
© Nederlandse vertaling 1993-2013 Sdu Uitgevers bv, Den Haag  
Academic Service is een imprint van Sdu Uitgevers bv.

1e druk 1994  
2e druk 1996  
3e druk 2001  
4e druk 2005  
5e druk 2013

Opmaak: Heymans & Vanhove, Gent/Goes  
Omslag: Carlito's Design, Amsterdam  
Vertaling: Hapax Vertalers, Amsterdam

ISBN 978 90 395 2695 8  
NUR 173 / 929

Alle rechten voorbehouden. Alle intellectuele eigendomsrechten, zoals auteurs- en databankrechten, ten aanzien van deze uitgave worden uitdrukkelijk voorbehouden. Deze rechten berusten bij Sdu Uitgevers bv en de auteur.

Behoudens de in of krachtens de Auteurswet gestelde uitzonderingen, mag niets uit deze uitgave worden verveelvoudigd, opgeslagen in een geautomatiseerd gegevensbestand of openbaar gemaakt in enige vorm of op enige wijze, hetzij elektronisch, mechanisch, door fotokopieën, opnamen of enige andere manier, zonder voorafgaande schriftelijke toestemming van de uitgever.

Voor zover het maken van reprografische verveelvoudigingen uit deze uitgave is toegestaan op grond van artikel 16 h Auteurswet, dient men de daarvoor wettelijk verschuldigde vergoedingen te voldoen aan de Stichting Reprorecht (Postbus 3051, 2130 KB Hoofddorp, [www.reprorecht.nl](http://www.reprorecht.nl)). Voor het overnemen van gedeelte(n) uit deze uitgave in bloemlezingen, readers en andere compilatiewerken (artikel 16 Auteurswet) dient men zich te wenden tot de Stichting PRO (Stichting Publicatie- en Reproductierechten Organisatie, Postbus 3060, 2130 KB Hoofddorp, [www.cedar.nl/pro](http://www.cedar.nl/pro)). Voor het overnemen van een gedeelte van deze uitgave ten behoeve van commerciële doeleinden dient men zich te wenden tot de uitgever.

Hoewel aan de totstandkoming van deze uitgave de uiterste zorg is besteed, kan voor de afwezigheid van eventuele (druk)fouten en onvolledigheden niet worden ingestaan en aanvaarden de auteur(s), redacteur(en) en uitgever deswege geen aansprakelijkheid voor de gevolgen van eventueel voorkomende fouten en onvolledigheden.

All rights reserved. No part of this publication may be reproduced, stored in a retrieval system, or transmitted in any form or by any means, electronic, mechanical, photocopying, recording or otherwise, without the publisher's prior consent.

While every effort has been made to ensure the reliability of the information presented in this publication, Sdu Uitgevers neither guarantees the accuracy of the data contained herein nor accepts responsibility for errors or omissions or their consequences.

# Inhoud

1 Algemene grondbeginselen . . . . .	1
2 Toleranties, passingen en oppervlaktegesteldheid . . . . .	31
3 Sterkte en toelaatbare spanning . . . . .	44
4 Tribologie . . . . .	60
5 Lijm- en soldeerverbindingen . . . . .	63
6 Lasverbindingen . . . . .	72
7 Klinkverbindingen . . . . .	86
8 Schroefverbindingen . . . . .	91
9 Penverbindingen, spanbussen en borgelementen . . . . .	108
10 Veren . . . . .	112
11 Draagassen, aandrijfassen en astappen . . . . .	121
12 Onderdelen voor het verbinden van assen en naven. . . . .	126
13 Koppelingen en remmen. . . . .	134
14 Wentellagers en -lageringen . . . . .	139
15 Glijlagers . . . . .	151
16 Riemoverbrengingen . . . . .	167
17 Kettingoverbrengingen . . . . .	185
18 Pijpleidingen en toebehoren . . . . .	188
19 Afdichtingen . . . . .	198
20 Tandwielen en tandwieloverbrengingen (grondslagen). . . . .	207
21 Cilindrische tandwielen met evolente vertanding . . . . .	216
22 Kegeltandwielen en kegeltandwieloverbrengingen. . . . .	232
23 Schroefwiel- en wormoverbrengingen . . . . .	233

# 1 Algemene grondbeginselen

**Tabel 1-1** Staalkeuze voor de algemene machinebouw

Sterktewaarden in  $N/mm^2$  voor de genormaliseerde afmeting  $d_N$

Vermoeingssterktewaarden volgens DIN 743-3<sup>1)</sup>2) (richtwaarden)

Elasticiteitsmodulus  $E = 210\,000\ N/mm^2$ , glijdingsmodulus  $G = 81\,000\ N/mm^2$

afkorting	staalsoort materiaal- nummer	A % min.	$R_{mN}$ min.	$R_{eN}$ $R_{p0,2N}$ min.	$\sigma_{dWN}$ ( $\sigma_{dSchN}$ )	$\sigma_{bWN}$ ( $\sigma_{bSchN}$ )	$\tau_{WN}$ ( $\tau_{SchN}$ )	relatieve materiaal- kosten <sup>3)</sup>	eigenschappen en toepassingsvoorbeelden
a) Ongeleerd constructiestaal, warmgewalst, volgens NEN EN 10025-2 leveringstoestand: +N of +AR									
genormaliseerde afmeting $d_N = 16\ mm$									
S235JR S235J0 S235J2	1.0038 1.0114 1.0117	26	360	235	140 (235)	180 (280)	105 (165)	[1]	staalsoorten met waarden voor de kerfslag (bijv. J2: kerfslagarbeid 27J bij $-20^\circ C$ ) standaard materiaal in de machine- en staalbouw bij gemiddelde belasting; plaat-, staaf- en profielmateriaal; goed te bewerken, geschikt voor het lassen neemt toe vanaf kwaliteitsgroep JR tot aan kwaliteitsgroep K2
S275JR S275J0 S275J2	1.0044 1.0143 1.0145	23	430	275	170 (275)	215 (330)	125 (190)	1,05	bij matige belasting; goed bewerkbaar en omvormbaar, goed te lassen; bijv. draag- en aandrijfassen, hefboomen, lasdelen;
S355JR S355J0 S355J2 S355K2	1.0045 1.0553 1.0577 1.0596	22	510	355	205 (355)	255 (425)	150 (245)		standaard materiaal voor zwaar belaste draagconstructies in de staal-, kraan- en brugbouw; hoge rekregens, zeer goed te lassen; zwaar belaste lasdelen in de werktuigbouw
S450J0	1.0590	17	550	450	220 (400)	275 (505)	165 (310)		alleen voor lange producten (profielen, staven, buizen)
S185	1.0035	18	310	185	–	–	–		staalsoorten zondere waarden voor de kerfslagarbeid (producten van deze staalsoorten hebben geen CE markering) minder belangrijke constructiedelen bij geringe belasting; geschikt voor druklassen; bijv. trappen en bordessen
E295	1.0050	20	490	295	195 (295)	245 (355)	145 (205)	1,1	goed bewerkbaar; meest toegepaste machineconstructiestaal bij gemiddelde belasting, geschikt voor druklassen; bijv. draag- en aandrijfassen, pennen, bouten
E335	1.0060	16	590	335	235 (335)	290 (400)	180 (230)	1,7	voor zwaarder belaste slijtvaste machineonderdelen, geschikt voor druklassen; bijv. aandrijfassen, rondsels, spindels
E360	1.0070	11	690	360	275 (360)	345 (430)	205 (250)		zeer zwaar belaste, slijtvaste machineonderdelen in natuurharde toestand, geschikt voor druklassen; bijv. nokken, walsrollen, matrijzen, besturingsonderdelen
b) Lasbaar fijnkorrelig constructiestaal, warmgewalst, volgens NEN EN 10025-3 en -4 Bovenste regel: normaalgeglucid/normaliserend gewalst (N) Onderste regel: thermomechanisch gewalst (M)									
genormaliseerde afmeting: $d_N = 16\ mm$									
S275N (NL) S275M (ML) S355N (NL) S355M (ML) S420N (NL) S420M (ML) S460N (NL) S460M (ML)	1.0490 1.8818 1.0545 1.8823 1.8902 1.8825 1.8901 1.8827	24 22 19 17	370 470 520 540	275 355 420 460	150 (275) 190 (355) 210 (390) 215 (395)	185 (330) 235 (425) 260 (480) 270 (495)	110 (190) 140 (245) 155 (295) 160 (305)	1,8 2,2	Voor zwaar belaste, gelaste constructie-elementen bij omgevings- en lage temperaturen; voorverwarmen niet vereist, hoge lassnelheid mogelijk; bijv. brugdelen, sluisdeuren, opslag- en watertanks, drukvaten, buizen, lasconstructies in de machine- en installatiebouw. Leverbare kwaliteitsgroepen: N en M → vastgestelde minimale waarden van de kerfslag tot $-20^\circ C$ NL en ML → vastgestelde minimale waarden van de kerfslag $-50^\circ C$

Tabel 1-1 Vervolg

afkorting	staalsoort materiaal- nummer	A % min.	R <sub>mN</sub> min.	R <sub>eN</sub> R <sub>p0,2N</sub> min.	σ <sub>dWN</sub> (σ <sub>dSchN</sub> )	σ <sub>bWN</sub> (σ <sub>bSchN</sub> )	τ <sub>iWN</sub> (τ <sub>iSchN</sub> )	relatieve materiaal- kosten <sup>3)</sup>	eigenschappen en toepassingsvoorbeelden
c) Veredelstaal, ongeleerd volgens NEN EN 10083-2 en geleerd volgens NEN EN 10083-3, 1 in veredelde toestand (+QT). <sup>4)</sup> Geschikt voor vlam- en inductiehardten.									
genormaliseerde afmeting d <sub>N</sub> = 16 mm									
C22E C35E	1.1151 1.1181	20 17	500 630	340 430	200 (340) 250 (430)	250 (405) 315 (515)	150 (235) 190 (300)	1,6	licht belaste delen met gelijkmatige structuur en goede oppervlaktekwaliteit; hefboomen, flenzen, schijven, aandrijfassen, drijfstangen; oppervlakteharding
C40E C45E C50E C55E C60E 28Mn6	1.1186 1.1191 1.1206 1.1203 1.1221 1.1170	16 14 13 12 11 13	650 700 750 800 850 800	460 490 520 550 580 590	260 (460) 280 (490) 300 (515) 320 (540) 340 (570) 320 (540)	325 (550) 350 (590) 375 (625) 400 (660) 425 (695) 400 (680)	195 (320) 210 (340) 225 (360) 240 (380) 255 (400) 240 (410)	1,7	drijfwerkdelen met bijzonder gelijkmatige en zuivere structuur; op slijtage belaste onderdelen; oppervlakteharding; drijfwerkdelen, tandwielen, wielbanden, krukassen, krukappen
38Cr2 46Cr2 34Cr4 37Cr4 41Cr4	1.7003 1.7006 1.7033 1.7034 1.7035	14 12 12 11 11	800 900 900 950 1000	550 650 700 750 800	320 (540) 360 (590) 360 (590) 380 (615) 400 (640)	400 (660) 450 (740) 450 (740) 475 (770) 500 (800)	240 (380) 270 (450) 270 (480) 285 (500) 300 (525)	1,7	hefboomen, aandrijfassen, pennen, tandwielen, bouten, wormen, smeedstukken
25CrMo4 34CrMo4 42CrMo4 50CrMo4	1.7218 1.7220 1.7225 1.7228	12 11 10 9	900 1000 1100 1100	700 800 900 900	360 (590) 400 (640) 440 (685) 440 (685)	450 (740) 500 (800) 550 (855) 550 (855)	270 (480) 300 (525) 330 (565) 330 (565)	2,4	inlaatkleppen, aandrijfassen, freesdoorns, spiesen, krukassen, krukpenen, grote drijfwerkdelen
36CrNiMo4 34CrNiMo6 30CrNiMo8 36NiCrMo16 51CrV4	1.6511 1.6582 1.6580 1.6773 1.8159	10 9 9 9 9	1100 1200 1250 1250 1100	900 1000 1050 1050 900	440 (685) 480 (725) 500 (750) 500 (750) 440 (685)	550 (855) 600 (910) 625 (935) 625 (935) 550 (855)	330 (565) 360 (605) 375 (625) 375 (625) 330 (565)	2,7	zwaarst belaste constructiedelen in de voertuig- en machinebouw; grote drijfwerkdelen, turbineotors, tandwielen
d) Carbonceerstaal volgens NEN EN 10084 in blindgeharde toestand <sup>5)</sup>									
genormaliseerde afmeting d <sub>N</sub> = 16 mm									
C10E C15E	1.1121 1.1141	16 14	500 800	310 545	200 (310) 320 (540)	250 (370) 400 (655)	150 (215) 240 (380)	1,1	direct hardbare kleine onderdelen met minder sterk kernmateriaal; pennen, bussen, tappen, hefboomen, scharnieren, spindels
17Cr3 28Cr4 16MnCr5	1.7016 1.7030 1.7131	11 10 10	800 900 1000	545 620 695	320 (540) 360 (590) 400 (640)	400 (655) 450 (740) 500 (800)	240 (380) 270 (430) 300 (480)	1,7	zwaar belaste onderdelen; kleinere tandwielen en aandrijfassen, pennen, nokkenassen, rollen, spindels, meetgereedschappen
20MnCr5 20MoCr4	1.7147 1.7321	8 10	1200 900	850 620	480 (725) 360 (590)	600 (910) 450 (740)	360 (590) 270 (430)		direct hardbare onderdelen met sterk kernmateriaal; middelgrote tandwielen en assen in tandwielkasten en voertuigen
22CrMoS3-5 20NiCrMo2-2	1.7333 1.6523	8 10	1100 1100	775 775	440 (685) 440 (685)	550 (855) 550 (855)	330 (535) 330 (535)		zwaar belaste aandrijfdelen met zeer hoge taaiheid; directe harding
17CrNi6-6 18CrNiMo7-6	1.5918 1.6587	9 8	1200 1200	850 850	480 (725) 480 (725)	600 (910) 600 (910)	360 (590) 360 (590)	2,1	zwaarst belaste onderdelen; rondsels, nokken, aandrijfassen, kegel-kroonwielen, kettingschakels
e) Nitreeuwaal volgens DIN EN 10085 in veredelde toestand (+QT)									
genormaliseerde afmeting d <sub>N</sub> = 100 mm									
31CrMo12	1.8515	10	1030	835	410 (650)	515 (815)	310 (540)		op slijtage belaste, zuivere onderdelen tot 250 mm dik; zware krukassen, kalanderwalen, matrijsgetwerk
31CrMoV9	1.8519	9	1100	900	440 (685)	550 (855)	330 (565)		hittebestendige slijtdelen tot 100 mm dik; klepsspindels, slijpmachinespindels
33CrMoV12-9	1.8522	11	1150	950	460 (705)	575 (880)	345 (585)	2,6	op slijtage belaste onderdelen tot 250 mm dik; pennen, spindels
34CrAlMo5-10	1.8507	14	800	600	320 (540)	400 (680)	240 (415)		kruipvaste slijtdelen tot boven 450 °C en 70 mm dikte; delen van stoomarmaturen
34CrAlNi7-10	1.8550	10	900	680	360 (590)	450 (740)	270 (470)		voor grote op slijtage belaste constructie-elementen; zware pluuners, zuigerstangen

Tabel 1-1 Vervolg

afkorting	staalsoort materiaal- nummer	A % min.	R <sub>mN</sub> min.	R <sub>eN</sub> R <sub>p0,2N</sub> min.	σ <sub>adWN</sub> (σ <sub>adSchN</sub> )	σ <sub>bWN</sub> (σ <sub>bSchN</sub> )	τ <sub>WN</sub> (τ <sub>SchN</sub> )	relatieve materiaal- kosten <sup>3)</sup>	eigenschappen en toepassingsvoorbeelden
f) Staalsoorten voor vlam- en inductiehardens volgens DIN 17212 in veredelde toestand (+QT) (DIN 17212: 1972–08 is ingetrokken en vervangen door NEN EN 10083, zie tabel 1-1c)									
genormaliseerde afmeting d <sub>N</sub> = 16 mm									
Cf35	1.1183	17	620	420	250 (420)	310 (505)	185 (290)		veredeld staal dat zich door plaatselijk verhitten en afschrikken in de randzone harden laat; voor onderdelen waarvan het oppervlak onderworpen is aan sterke slijtage of grote vlaktedruk; geschikt voor afbrandstuklassen
Cf45	1.1193	14	700	480	280 (480)	350 (575)	210 (335)		licht belaste onderdelen met bijzonder gelijkmatige en zuivere structuur
Cf53	1.1213	12	740	510	295 (510)	370 (610)	220 (355)		drijfwerkonderdelen met bijzonder gelijkmatige en zuivere structuur; rondsels, assen
Cf70	1.1249	11	780	560	310 (530)	390 (665)	235 (390)		drijfwerkassen, nokkenassen, zuigerpennen, cilinderbussen
45Cr2	1.7005	12	880	640	350 (580)	440 (730)	265 (445)		dunwandige onderdelen voor oppervlakteharding; kleine tandwielen, spindels, verdeclassen
38Cr4	1.7043	11	930	740	370 (605)	465 (760)	280 (495)		dikkere onderdelen in de machine- en voertuigbouw met sterk kernmateriaal; krukassen, aandrijfassen, kogelbouten, spieassen, tandwielen
42Cr4	1.7045	11	980	780	390 (630)	490 (790)	295 (515)		
41CrMo4	1.7223	10	1080	880	430 (675)	540 (845)	325 (560)		
g) Automatenstaal volgens NEN EN 10087 (Voor een betere verspaning wordt het staal ook geleverd met een toevoeging van lood (Pb).)									
genormaliseerde afmeting d <sub>N</sub> = 16 mm									
11SMn30	1.0715		380					1,8	ongeleerd staal, goed verspaanbaar en gemakkelijke spaanbreuk door toevoeging van zwavel; loedgeleerde soorten geven hogere snijnelheden, dubbele standtijd en beter oppervlak; door hoog zwavel- en loodgehalte slechts beperkt lasbaar
11SMn37	1.0736		380						niet geschikt voor thermische behandeling; licht belaste, kleine onderdelen; bouten, pennen, assen, schroeven
10S20	1.0721		360					1,9	geschikt voor oppervlakteharding; slijtvaste kleine onderdelen, assen, bouten, pennen, sterktewaarden in <b>onbehandelde toestand</b>
15SMn13	1.0725		430						
35S20	1.0726	15	630	430	250 (430)	315 (515)	190 (300)		
36SMn14	1.0764	14	700	460	280 (460)	350 (550)	210 (320)	2,0	direct hardend automatenstaal; grotere onderdelen met zware belasting; aandrijfassen, schroefdraadartikelen, spindels
38SMn28	1.0760	15	700	460	280 (460)	350 (550)	210 (320)		sterktewaarden in <b>veredelde toestand (+QT)</b>
44SMn28	1.0762	16	700	480	280 (480)	350 (575)	210 (330)		
46S20	1.0727	12	700	490	280 (490)	350 (590)	210 (340)		
h) Blank staal volgens NEN EN 10277 in koudgetrokken toestand (+C)									
genormaliseerde afmeting d <sub>N</sub> = 16 mm									
S235JRG2C	1.0122	9	420	300	165 (300)	210 (360)	125 (210)	1,6	blank staal van constructiestaal; assen, pennen, stiften, bevestigingselementen, opspanplaten,
S355J2G3C	1.0569	7	600	450	240 (430)	300 (540)	180 (310)		
E295GC	1.0533	7	600	420	240 (420)	300 (505)	180 (290)	1,7	
E335GC	1.0543	6	680	480	270 (475)	340 (575)	205 (330)		
35S20	1.0726	7	590	400	235 (400)	295 (480)	175 (275)		
44SMn28	1.0762	5	710	530	285 (495)	355 (620)	210 (365)		
C10	1.0301	9	430	300	170 (300)	215 (360)	130 (210)		blank staal van carbonstaal; pennen, spindels, kleine onderdelen
C15	1.0401	8	480	340	190 (340)	240 (410)	145 (235)		
C35	1.0501	7	600	420	240 (420)	300 (505)	180 (290)	1,7	blank staal van veredelstaal; aandrijfassen, stangen, rails, hefboomen, drukstukken, grondplaten
C45	1.0503	6	710	500	285 (495)	355 (600)	210 (345)	1,8	
C60	1.0601	5	780	550	310 (530)	390 (660)	235 (380)		

Tabel 1-1 Vervolg

afkorting	staalsoort materiaal- nummer	A % min.	R <sub>mN</sub> min.	R <sub>eN</sub> R <sub>p0,2N</sub> min.	σ <sub>zdWN</sub> (σ <sub>zSchN</sub> )	σ <sub>bWN</sub> (σ <sub>bSchN</sub> )	τ <sub>tWN</sub> (τ <sub>tSchN</sub> )	relatieve materiaal- kosten <sup>3)</sup>	eigenschappen en toepassingsvoorbeelden
i) Roestvrij staal (RVS) volgens NEN EN 10088-3 (halffabrikaten, stangen, profielen) Behandelingstoestand: ferritisch RVS: gegloeid (+A) martensitisch RVS: veredeld (+QT, bijv. QT700) austenitisch en austenitisch-ferritisch RVS: oplosgegloeid (+ AT) praktisch geen technologische grootte-inval									
X2CrMoTiS18-2	1.4523	15	430	280	170 (280)	215 (335)	130 (195)		zuurbestendige onderdelen in de textielindustrie
	X6CrMoS1 1.4105	20	430	250	170 (250)	215 (300)	130 (175)		ferritische staal- soorten goed te lassen, hittebestendig, bijzondere magnetische eigenschappen, slecht verspaanbaar, koudovormbaar, niet bestand tegen interkristallijne corrosie E=220000 N/mm <sup>2</sup>
X6Cr13	1.4000	20	400	230	160 (230)	200 (275)	120 (160)		automatenstaal; pennen, bevestigingselementen
X6Cr17	1.4016	20	400	240	160 (240)	200 (285)	120 (165)		chipsdragers, instrumenten, interieurdelen
X20Cr13	1.4021	13	700	500	280 (490)	350 (600)	210 (350)	3,2	verbindingselementen, diepgetrokken vormdelen
X39CrMo17-1	1.4122	12	750	550	300 (515)	375 (645)	225 (380)		armaturen, flenzen, veren, turbinedelen
X14CrMoS17	1.4104	12	650	500	260 (460)	325 (575)	195 (345)		buizen, aandrijfassen, spindels, slijtdelen
X12CrS13	1.4005	12	650	450	260 (450)	325 (540)	195 (310)		automatenstaal; draaiende delen, apparatenbouw
X3CrNiMo13-4	1.4313	15	780	620	310 (530)	390 (665)	235 (425)		verbindingselementen, slijgereedschappen, op slijtage belaste onderdelen
X17CrNi16-2	1.4057	14	800	600	320 (540)	400 (680)	240 (415)	4,0	
X5CrNi18-10	1.4301	45	500	190	200	250	150		universele toepassing: bouwwezen, voertuigbouw, levensmiddelenindustrie
X8CrNiS18-9	1.4305	35	500	190	200	250	150		austenitische staal- soorten goed te lassen, goed koudovormbaar, moeilijk te verspanen niet magnetisch E=200000 N/mm <sup>2</sup>
X6CrNiTi18-10	1.4541	40	500	190	200	250	150	5,8	automatenstaal; machine- en verbindingselementen
X2CrNiMo17-12-2	1.4404	40	520	220	200	250	150		huishoudelijke artikelen, foto-industrie, sanitair
X2CrNiMoN17-13-3	1.4429	40	580	280	230	290	175		off-shore techniek, drukvaten, gelaste constructiedelen, draag- en aandrijfassen
X5CrNiMo17-12-2	1.4401	40	500	200	200	250	150		blekerijen, levensmiddelen-, olie- en verfindustrie
X6CrNiMoTi17-12-2	1.4571	40	500	200	200	250	150		reservoirs (tankwagens) verwarmingsketels, kunsthars- en rubberindustrie
Alle austenitische soorten koud versterkt									dragende constructie-elementen
treksterktewaarde	C700	20	700	350	280 (350)	350 (420)	210 (240)		
	C800	12	800	500	320 (500)	400 (600)	240 (345)		
X2CrNiMoN22-5-3	1.4462	25	650	450	260 (450)	325 (540)	195 (310)		constructie-elementen voor hoge chemische en mechanische belasting; water- en afvalwatertechniek, offshore-techniek, cellulose- en chemische industrie, tankconstructies, centrifuges, transporttechniek
X2CrNiN23-4	1.4362	25	600	400	240 (400)	300 (480)	180 (275)		austenitisch-ferritisch staal (duplex-staal) bestand tegen spanningcorrosie, zeer corrosiebestand en vermoeingssterk E=200000 N/mm <sup>2</sup>
X2CrNiMoCuWN25-7-4	1.4501	25	730	530	290 (500)	365 (630)	220 (365)		

1) Richtwaarden:  $\sigma_{bW} \approx 0,5 \cdot R_m$ ,  $\sigma_{zdW} \approx 0,4 \cdot R_m$ ,  $\tau_{tW} \approx 0,3 \cdot R_m$ .

2) A breukrek;  $d_N$  referentieafmeting (diameter, dikte) van het halffabrikaat volgens de betreffende materiaalnorm;  $R_{mN}$  genormeerde waarde voor de treksterkte bij  $d_N$ ;  $R_{eN}$  genormeerde waarde van de reksgrens bij  $d_N$ ;  $R_{p0,2N}$  genormeerde waarde voor de 0,2 %-rekgrens;  $d_N$ ;  $\sigma_{zdWN}$  wisselsterkte trek/druk bij  $d_N$ ;  $\sigma_{bWN}$  buigwisselsterkte bij  $d_N$ ;  $\tau_{tWN}$  torsiewisselsterkte bij  $d_N$ ;  $\sigma_{zSchN}$  zwelsterkte trek/druk bij  $d_N$ ;  $\sigma_{bSchN}$  buigzwelsterkte bij  $d_N$ ;  $\tau_{tSchN}$  torsiezwelsterkte bij  $d_N$ .

Voor de zwelsterkte geldt:  $\sigma_{Sch} = \frac{2 \cdot \sigma_w}{\psi_\sigma + 1}$ . Deze wordt naar boven begrensd door de vloeigrenzen  $R_e$ ,  $\sigma_{bF} = 1,2 \cdot R_e$  en

$\tau_{tF} = 1,2 \cdot R_e / \sqrt{3}$ . De vergelijking geldt voor trek/druk en buiging, maar ook voor torsie indien  $\sigma$  door  $\tau$  en  $\psi_\sigma$  door  $\psi_\tau$  vervangen wordt.

3) Deze kosten hebben betrekking op het volume en geven aan met hoeveel een bepaald materiaal (rondstaal van gemiddelde afmeting bij afname van 1000 kg vanaf fabriek) duurder is dan een gewalst rondstaal van S235JR. Bij afname van kleine hoeveelheden en afmetingen moet rekening worden gehouden met hogere kosten (zie ook VDI-richtlijn 2225-2).

4) Bij onlegeerd veredelstaal bezitten de edelstaalsoorten met voorgeschreven maximaal zwavelgehalte (bijv. C45E) resp. voorgeschreven minimale en maximale waarden van het zwavelgehalte (bijv. C45R) en de bijbehorende kwaliteitsstaalsoorten (bijv. C45) gelijke sterkte-eigenschappen.

5) Sterktewaarden alleen ter informatie. NEN EN 10084 geeft in bijlage F alleen de minimale treksterkte weer.



**Tabel 1-2 IJzer-koolstof gietmaterialen**  
Sterktewaarden in N/mm<sup>2</sup>

materiaalaanduiding		A % min.	R <sub>mN</sub> min.	R <sub>p0,2N</sub> min.	σ <sub>bWN</sub>	E kN/mm <sup>2</sup>	relatieve materiaal- kosten <sup>1)</sup>	eigenschappen en toepassingsvoorbeelden	
aanduiding	nummer								
a) Gietijzer met lamellengrafiert volgens NEN EN 1561									
genormaliseerde afmeting van het proefstuk (gelijkwaardige diameter van het ruwe gietstuk): d <sub>N</sub> = 20 mm									
EN-GJL-100	EN-JL1010	0,8 tot 0,3	100	–	–	–	3	niet voor dragende elementen; bij bijzondere eisen betreffende warmtegeleiding, demping en bewerkbaarheid; constructie- en handelsgietijzer	
EN-GJL-150	EN-JL1020		150	–	70	78 tot 103		voor zwaarder belaste dunwandige delen; licht machiniegietwerk; behuizingen, standers, stuurschijven	
EN-GJL-200	EN-JL1030		200	–	90	88 tot 113		gebruikelijke soorten in de machinebouw; gemiddeld machiniegietwerk; lagerblokken, hefboomen, riemschijven	
EN-GJL-250	EN-JL1040		250	–	120	103 tot 118		drukdicht en hittebestendig gietijzer (tot ca. 400 °C); cilinders, armaturen, pompbehuizingen	
EN-GJL-300	EN-JL1050		300	–	140	108 tot 137		voor zwaar belaste onderdelen; motorvoeten, lagerschalen, remschijven	
EN-GJL-350	EN-JL1060		350	–	145	123 tot 143		voor uitzonderingsgevallen (zwaarste belasting), delen met gelijkmatige wanddikte, turbinebehuizingen, frames voor persen	
b) (Nodulair) gietijzer met kogelgrafiert volgens NEN EN 1563									
genormaliseerde afmeting van het proefstuk (gelijkwaardige diameter van het ruwe gietstuk): d <sub>N</sub> = 60 mm									
EN-GJS-350-22	EN-JS1010	22	350	220	180	169	4,5	structuur overwegend ferriet, goed bewerkbaar, hoge taaiheid, geringe slijtvastheid, behuizingen van pompen tandwielkasten, astappen, voorasbruggen, afsluitkleppen, zwenklagers	
EN-GJS-400-18	EN-JS1020	18	400	250	195	169		samenstelling overwegend ferriet; goedkope soorten tussen EN-GJS-400-18 en EN-GJS-500-7; centrifugaalgietwerk	
EN-GJS-450-10	EN-JS1040	10	450	310	210	169		structuur overwegend ferriet-perliet resp. perliet-ferriet; goed bewerkbaar, gemiddelde slijtvastheid, gemiddelde sterkte en taaiheid; remonderdelen, lagerblokken, drijfstanen, krukassen, frames voor persen	
EN-GJS-500-7	EN-JS1050	7	500	320	224	169		structuur overwegend perliet; hoge slijtvastheid; kabeltrommels, turbineschoepen, tandkransen	
EN-GJS-600-3	EN-JS1060	3	600	370	248	174		structuur perliet resp. warmtebehandeld martensiet; goede oppervlaktehardbaarheid en slijtvastheid; dikwandige gietstukken	
EN-GJS-700-2	EN-JS1070	2	700	420	280	176		structuur meestal warmtebehandeld martensiet; zeer goede slijtvastheid, voldoende te bewerken; tandkransen, omvormgereedschap	
EN-GJS-800-2	EN-JS1080	2	800	480	304	176			
EN-GJS-900-2	EN-JS1090	2	900	600	317	176			
c) Bainitisch gietijzer volgens NEN EN 1564									
genormaliseerde afmeting van het proefstuk (gelijkwaardige diameter van het ruwe gietstuk): d <sub>N</sub> = 60 mm									
EN-GJS-800-8	EN-JS1100	8	800	500	450	163	(7)	maakt lichtgewicht constructies mogelijk, in het bijzonder bij voertuigonderdelen, door koudversteving, grote vormgevingsvrijheid, geringe geluidsemisatie van constructie-elementen en goede dempings-eigenschappen; tandkransen, wielhaven, asbehuizingen, glijplaten, veerzadels, bladveerlageringen, pikarmen voor railbouw-machines	
EN-GJS-1000-5	EN-JS1110	5	1000	700	485	160			
EN-GJS-1200-2	EN-JS1120	2	1200	850	415	158			
EN-GJS-1400-1	EN-JS1130	1	1400	1100		156			
d) Gietijzer met vermiculair grafiert (volgens VD-G-Merkblatt W 50)									
genormaliseerde afmeting van het proefstuk (gelijkwaardige diameter van het ruwe gietstuk): d <sub>N</sub> = 20 mm									
GJV-300		1,5	300	240	150	120 bis 160	(4)	structuur overwegend ferriet resp. perliet; voor aanverhoogde temperatuur(wisselingen) blootgestelde constructie-elementen; cilinderkoppen, cilindercarters, centrifugaalcompressors, remschijven, uitlaatpijpen en -bochtstukken, vliegwielen, gietcoquilles (matrijzen)	
GJV-350		1,5	350	260	180				
GJV-400		1,0	400	300	200				
GJV-450		1,0	450	340	220				
GJV-500		0,5	500	380	250				

Tabel 1-2 Vervolg

materiaalaanduiding		$A$ % min.	$R_{mN}$ min.	$R_{p0,2N}$ min.	$\sigma_{bWN}$	$E$ kN/mm <sup>2</sup>	relatieve materiaal- kosten <sup>1)</sup>	eigenschappen en toepassingsvoorbeelden	
aanduiding	nummer								
e) Getemperd gietijzer volgens NEN EN 1562								krijgt door gloeien staalachtige eigenschappen; voor stuksgewichten tot 100 kg in de seriefabricage, zeer economisch, goed verspaanbaar, productie- en constructieclassen mogelijk, geschikt voor oppervlaktehardening, vaak concurrerend met GJS en smeedstukken	
genormaliseerde afmeting van het proefstuk (gelijkwaardige diameter van het ruwe gietstuk): $d_N = 15$ mm									
EN-GJMW-350-4	EN-JM1010	4	350	–	150	175 tot 195	5		<b>ontkoldend gegloeid (wit) getemperd gietijzer voor dunwandige gietstukken (<math>\leq 8</math> mm)</b> voor licht belaste onderdelen, voordelig; beslagdelen, fittingen, schalmen van transportkettingen
EN-GJMW-360-12	EN-JM1020	12	360	190	155				geschikt voor krachtlassen; klep- en stuurhuizen, flenzen, gecombineerde constructies met gewalst staal
EN-GJMW-400-5	EN-JM1030	5	400	220	170				standaard soort, goed lasbaar, voor dunwandige onderdelen; lagerhuizen, fittingen, steigerdelen, grepen, spiebevestigingen
EN-GJMW-450-7	EN-JM1040	7	450	260	190				goed verspaanbaar, slagvast; armaturen voor pijpleidingen, draagklemmen, steiger- en bekistingsdelen, isolatiekappen, onderdelen voor voertuigen
EN-GJMW-550-4	EN-JM1050	4	550	340	230				<b>niet-ontkoldend gegloeid (zwart) getemperd gietijzer</b> voor drukkichte onderdelen, hydraulisch gietwerk stuurblokken, klephuisen
EN-GJMB-300-6	EN-JM1110	6	300	–	130				goed verspaanbaar, taai; kettingschalmen, huizen, beslagdelen, fittingen, remdragers voor auto's, koppelingdelen, klemschoenen, steeksleutels
EN-GJMB-350-10	EN-JM1130	10	350	200	150				alternatief voor smeedstukken, ideaal voor oppervlaktehardening; voor krukassen, remdragers, behuizingen, nokkassen, hefboomen, wielnaven, stuur- en schakelvorken
EN-GJMB-450-6	EN-JM1140	6	450	270	190				hoge sterkte bij voldoende verspaanbaarheid, goed alternatief voor smeedstukken; voor zuigers, vorkkoppelen, drijfzangen, schakelvorken, kroonwielen, apparaathouders
EN-GJMB-500-5	EN-JM1150	5	500	300	210				
EN-GJMB-550-4	EN-JM1160	4	550	340	230				
EN-GJMB-600-3	EN-JM1170	3	600	390	250				
EN-GJMB-650-2	EN-JM1180	2	650	430	265				
EN-GJMB-700-2	EN-JM1190	2	700	530	285				
EN-GJMB-800-1	EN-JM1200	1	800	600	320				
f) Austenitisch gietijzer volgens NEN EN 13835 (handelsnaam Ni-Resist)								veelzijdig toepasbaar hooggelegeerd gietmateriaal met 12 tot 36 % nikkelgehalte; de genormaliseerde soorten – twee met lamillair – en tien met nodulair koolstof – zijn goed giet- en bewerkbaar; al naar de samenstelling en grafietvorming hebben ze een groot aantal vaak vereiste eigenschappen	
geen technologische grootte-invloed binnen het afmetingengebied van de norm									
EN-GJLA-XNiCuCr15-6-2	EN-JL3011	2	170	–	75	85 tot 105	(6)		corrosiebestendig tegen alkaliën, verdunde zuren en zeewater, goede glijeigenschappen, geringe sterkte en taaiheid, hoge dempingscapaciteit, voordelig; voor zuigerveerhouders, licht mechanisch belaste constructie-elementen, loopbussen
EN-GJSA-XNiCr20-2	EN-JS3011	7 bis 20	370	210	160	112 tot 130			zoals GJLA-XNiCuCr15-6-2, maar betere mechanische eigenschappen; voor pompen, kleppen, compressoren, behuizingen voor centrifugaalcompressoren, niet-magnetiseerbare gietstukken
EN-GJSA-XNiSiCr35-5-2	EN-JS3061	10 tot 20	380	210	160	130 tot 150			zeer hitte- en temperatuurbestendig, bijzonder goed bestand tegen hamerslag, hoge warmtesterkte, lage uitzettingscoëfficiënt; voor bochtstukken van uitlaten, centrifugaalcompressoren en onderdelen van gasturbinebehuizingen
EN-GJSA-XNiCr30-3	EN-JS3081	7 tot 18	370	210	160	92 tot 105			hogere bestendigheid tegen corrosie, hitte en temperatuurwisselingen, magnetiseerbaar; toepassing als GJSA-XNiCr20-2, bij hogere eisen aan de corrosiebestendigheid
EN-GJSA-XNiSiCr30-5-5	EN-JS3091	1 tot 4	390	240	160	90		hoge bestendigheid tegen corrosie, hitte en temperatuurwisselingen, bijzonder goed bestand tegen hamerslag, zeer slijtbestendig, magnetiseerbaar; voor onderdelen met hogere eisen aan de hitte- en slijtbestendigheid, onderdelen van ovens	

Tabel 1-2 Vervolg

materiaalaanduiding		$A$ % min.	$R_{mN}$ min.	$R_{p0,2N}$ min.	$\sigma_{bWN}$	$E$ kN/mm <sup>2</sup>	relatieve materiaal- kosten <sup>1)</sup>	eigenschappen en toepassingsvoorbeelden
aanduiding	nummer							
g) Gietstaal voor algemene toepassingen volgens NEN EN 10293 (Betekenis: +N → normaalgluoen, +QT of +QT1 of +QT2 → veredelen (harden in lucht vloeistof + temperen)) Genormaliseerde afmeting van het proefstuk (gelijkwaardige diameter van het ruwe gietstuk) $d_N = 100$ mm Bij hooggelegeerde soorten geen grootte-Invloed.								direct in vormen gegoten staal, afhankelijk van toegepaste staalsoort en warmtebehandeling optimaal instelbare eigenschappen met betrekking tot sterkte, slijtage- en corrosiebestendigheid en gebruikstemperaturen, ideaal constructiemateriaal door uitstekende lasbaarheid, mechanische eigenschappen verregaand richtingsonafhankelijk.
GE 200 +N	1.0420	25	380	200	190	210	6	<b>onlegeerd gietstaal</b> (0,1 bis 0,5 % C), wordt bij temperaturen tussen $-10$ °C en $+300$ °C voor onderdelen gebruikt die blootgesteld worden aan gemiddelde belastingen: machineframes, hefboomen, tandwielen, zuigerstangen, remschijven
GS 200 +N	1.0449	25	380	200	190			
GE 240 +N	1.0456	22	450	240	225			
GS 240 +N	1.0455	22	450	240	225			
GE 300 +N	1.0558	18	520	300	260			
G17Mn5 +QT	1.1131	24	450	240	225	210	(8)	<b>laaggeleerd gietstaal</b> in veredelde toestand; toepassing tot $+300$ °C voor dynamisch hoogbelaste onderdelen; productie- en constructieclassen mogelijk; tankransen, walstijlen, turbineonderdelen, scharnierstukken, klep- en schuifhuizen, offshore-elementen
G20Mn5 +QT	1.1120	22	500	300	250			
G28Mn6 +QT1	1.1165	14	600	450	300			
G10MnMoV6-3 +QT2	1.5410	18	500	380	250			
G26CrMo4 +QT2	1.7221	10	700	550	350			
G42CrMo4 +QT2	1.7231	10	850	700	425			
G35CrNiMo6-6 +QT2	1.6579	10	900	800	450			
G32NiCrMo8-5-4 +QT2	1.6570	10	1050	950	525			
G30NiCrMo14 +QT2	1.6771	7	1100	1000	550			
GX3CrNi13-4 +QT	1.6982	15	700	500	350			
GX4CrNi16-4 +QT1	1.4421	15	780	540	390			
GX4CrNi13-4 +QT2	1.4421	10	1000	830	500			
GX4CrNiMo16-5-1 +QT	1.4405	15	760	540	380			
GX23CrMoV12-1 +QT	1.4931	15	740	540	370			
h) Corrosiebestendig gietstaal volgens NEN EN 10283								heeft door een chroomgehalte van minstens 12 % een bijzondere bestendigheid tegen chemische invloeden; geleverd worden de martensitische soorten in veredelde (+QT) en de austenitische in afgeschrikte toestand (+AT)
geen technologische grootte-Invloed binnen de afmetingen van de norm								
GX12Cr12	1.4011	15	620	450	310	200	(9)	<b>martensitisch gietstaal</b> met verhoogde corrosieweerstand tegen zoet water zonder bijzondere eisen aan de taatheid, niet geschikt voor het constructie- en onderhoudslassen; turbines, compressoren uitstekende sterkte-taaithedeverhouding, hoge weerstand tegen cavitatie/erosie, zeer goede lasbaarheid en taatheid; waterturbines, hoogvaste rotorbladen en pompwielen corrosiebestendig ook in choorhoudende media, verbeterde koud-taatheid; assen, loopwielen, pompen <b>austenitisch gietstaal</b> , goede bestendigheid, lasbaarheid en taatheid; corrosiebestendige gietstukken voor de chemische industrie; schoepen voor menginstallaties, beluchtingsrotors, pomponderdelen <b>volledig austenitisch gietstaal</b> , met verbeterde corrosiebestendigheid door hoger Mo- en Ni-gehalte; gietstukken met hoge bestendigheid tegen puntroestvorming, spleetcorrosie en interkristallijne corrosie; chemische processtechniek, afvoerwatertransport, milieubescherming <b>austenitisch-ferritisch gietstaal</b> (duplex-gietstaal), hoge rekgrens bij goede bestendigheid tegen puntroestvorming; voor door erosieslijtage en cavitatie belaste constructie-elementen op het gebied van zee- en rookgasontzwarelingsinstallaties; pompen, sloopschroeven
GX7CrNiMo12-1	1.4008	15	590	440	295			
GX4CrNi13-4 (+QT1) (+QT2)	1.4317	15 12	760 900	550 830	380 450			
GX4CrNiMo16-5-1	1.4405	15	760	540	380			
GX4CrNiMo16-5-2	1.4411	15	760	540	380			
CX2CrNi19-11	1.4309	30	440	185	220			
CX5CrNiNb19-11	1.4552	25	440	175	220			
GXCrNiMo19-11-2	1.4408	30	440	185	220			
GX5CrNiMoNb19-11-2	1.4581	25	440	185	220			
GX2NiCrMo28-20-20	1.4458	30	430	165	215			
GX2NiCrMoCu25-20-5	1.4584	30	450	185	225			
GX2NiCrMoN25-20-5	1.4416	30	450	185	225			
GX2NiCrMoCuN25-20-6	1.4588	30	480	210	240			
GX6CrNiN26-7	1.4347	20	590	420	295			
GX2CrNiMoN25-7-3	1.4417	22	650	480	325			
GX2CrNiMoCuN25-6-3-3	1.4517	22	650	480	325			

1) Zie voetnoot 3 bij tabel 1-1.

Bij gietstukken gelden de aangegeven vergelijkingswaarden onder de volgende voorwaarden: holle gietstukken (met kern) met eenvoudige ribben en uitsparingen; seriegrootte ca. 50, stukgewicht 5 tot 10 kg.

**Tabel 1-3 Non-ferro metalen**  
Keuzetabel voor de algemene machinebouw  
sterktewaarden in N/mm<sup>2</sup><sup>1)</sup>

materiaalaanduiding		toestand <sup>d)</sup>	dikte diam. mm	A % min.	R <sub>m</sub> min.	R <sub>p0,2</sub> min.	E kN/mm <sup>2</sup>	relatieve materiaal-kosten <sup>2)</sup>	eigenschappen en toepassingsvoorbeelden
aanduiding	nummer								
a) Koperlegeringen <sup>3)</sup>									
CuBe2	CW101C	R420 R600 R1150	rondstaven 2 ... 80 25 ... 80 2 ... 80	35 10 2	420 600 1150	140 480 1000	122	8	1. Koper-zink-kneedlegeringen volgens NEN EN 12163 voor de hoogste eisen op het gebied van hardheid, elasticiteit en slijtage, goed te solderen; optimale uithardingstijd; allerlei soorten veren, membranen, spanbanden, niet-magnetische constructieonderdelen, lagerstenen, worm- en rechte tandwielen, draaddelen van klokken, spuitgietmatrijzen, vonkveilige gereedschappen goed geleidingsvermogen, goed bestand tegen corrosie en slijtage, goede glijeigenschappen, hoge wissel- en kruip-bezwijksterkte, uithardbaar; voor zwaar belaste bussen, drukschijven en leibanen, wentellagerkooien, vrijliggend materiaal, bevestigingsdelen in de scheepsbouw, draadkabels, hoogvaste schroeven hoog elektrisch geleidingsvermogen, hoge ont-hardings temperatuur en kruip-bezwijksterkte, nauwelijks las- en soldeerbaar, zeer temperatuurbestendig, uithardbaar; coquilles voor het strengieten, stroomvoerende veren en contacten, elektroden voor weerstandslas, extrusieprofielen
CuNi2Si	CW111C	R450 R690 R800	4 2 ... 80 2 ... 30	10 10 10	450 690 800	390 570 780	143		
CuCr1Zr CuCr1	CW106C CW105C	R200 R400 R470	8 ... 80 50 ... 80 4 ... 25	30 12 7	200 400 470	60 310 380	120		
CuZn37	CW508L	R310 R370 R440	Rondstaven 2 ... 80 2 ... 40 2 ... 10	30 12 2	310 370 440	120 300 400	110	8	2. Samengestelde koper-zink-kneedlegeringen volgens NEN EN 12 163 zeer goed koud vormbaar, goed soldeer- en lasbaar, corrosiebestendig tegen zoet water, polijstbaar; dieptrek-, druk- en stempeldelen, contactveren, schroeven, bladveren, radiatorbeugels goede glijeigenschappen ook bij hoge belastingen, koudomvormbaar, beperkt soldeer- en lasbaar; lagerbussen, glijelementen, geleidingen, matrijsmeedstukken gemiddelde sterkte, goed bestendig tegen weersinvloeden, goed koud omvormbaar; glijlagers, glijelementen, extrusieprofielen gemiddelde sterkte, weersbestendig, goed soldeerbaar, koud en warm omvormbaar; apparatenbouw, algemene machinebouw, bouwwezen, armaturen, koelapparatuur
CuZn31Si1	CW708R	R460 R530	5 ... 40 5 ... 14	22 12	460 530	250 330	109		
CuZn38Mn1Al	CW716R	R490 R550	5 ... 40 5 ... 14	18 10	460 540	210 280	93		
CuZn40Mn2Fe1	CW723R	R460 R540	5 ... 40 5 ... 14	20 8	460 540	270 320	100		
CuSn6	CW452K	R340 R400 R470 R550	rondstaven 2 ... 60 2 ... 40 2 ... 12 2 ... 6	45 26 15 8	340 400 470 550	230 250 350 500	118	14	3. Koper-zink-kneedlegeringen volgens NEN EN 12163 zeer goed koud omvormbaar, goed soldeer- en lasbaar, bestand tegen zeewater en industriële atmosferen; allerlei soorten veren, slang- en veerrollen, membranen, weef- en zeefdraad, tandwielen, bussen, onderdelen voor de chemische industrie zoals CuSn6, verhoogde slijt- en corrosiebestendigheid; dunwandige glijlagerbussen en glijlijsten, slaglijsten CuSn8P als lagermetaal voor geharde assen bij hoge, stotende belasting (bijv. Carobrons)
CuSn8 CuSn8P	CW453K CW459K	R390 R450 R550 R620	2 ... 60 2 ... 40 2 ... 12 2 ... 6	45 26 15 —	390 450 550 620	260 280 430 550	115		
CuZn36Pb3	CW603N	R360 R340 R400 R480	rondstaven 6 ... 40 40 ... 80 2 ... 25 2 ... 12	20 20 12 8	360 340 400 480	180 160 250 380	102	7	4. Koper-zink-lood-kneedlegeringen volgens NEN EN 12164 zeer goed verspanbaar en warm omvormbaar; draaddelen van automaten, dunwandige extrusieprofielen (bouwprofielen) hoge sterkte en slijtweerstand, goed bestand tegen atmosferische corrosie, ongevoelig voor oliecorrosie; constructie-elementen in de machinebouw, glijlagers, klepgeleiders, drijfwerkonderdelen, zuigerringen zeer goed verspanbaar, goed warm en beperkt koud omvormbaar, boor- en freeskwaliteit; onderdelen voor de fijnmechanica, de machine- en apparatenbouw
CuZn37Mn3Al2 PbSi	CW713R	R540 R590 R620	6 ... 80 6 ... 50 15 ... 50	15 12 8	540 590 620	280 320 350	93		
CuZn39Pb2	CW612N	R380 R360 R410 R490	6 ... 40 40 ... 80 2 ... 40 6 ... 14	20 25 15 —	380 360 410 490	160 150 250 370	120		

Tabel 1-3 Vervolg

materiaalaanduiding		toestand <sup>4)</sup>	dikte diam. mm	A % min.	R <sub>m</sub> min.	R <sub>p0,2</sub> min.	E kN/mm <sup>2</sup>	relatieve materiaal-kosten <sup>7)</sup>	eigenschappen en toepassingsvoorbeelden					
aanduiding	nummer													
CuAl10Fe3Mn2	CW306G	R590 R690	rondstaven	12 6	590 690	330 510		14	5. Koper-aluminium-kneedlegeringen volgens NEN EN 12163 hoge vermoeiingswisselsterkte ook bij hoge corrosiebelasting, goede corrosiebestendigheid, zeewaterbestendig, bestand tegen koolafzetting, erosie en cavitatie, warmvast; constructieonderdelen voor de chemische apparatenbouw, hamerslagbestendige onderdelen, schroeven, assen, tandwielen, klepzittingen					
			10 ... 80							10 ... 80	680 740	480 530	zoals CW306G; condensatorbodems, slijtdelen, hydraulische besturingsonderdelen, papierindustrie, assen, schroeven, matrijsmeedstukken	
			10 ... 50							10 ... 80	750 830	450 680	zoals CW306G; zwaar belaste constructieonderdelen: lageronderdelen, klepzittingen, drukplaten, slijtdelen	
CuNi10Fe1Mn	CW352H	R280 R350	rondstaven	30 10	280 350	90 150	134	18	6. Koper-nikkel-kneedlegeringen volgens NEN EN 12163 uitstekende weerstand tegen erosie, cavitatie en corrosie, ongevoelig voor spanningsscheurcorrosie, geneigd tot puntroestvorming bij afzetting van vreemde stoffen, goed koud omvormbaar en soldeerbaar; pijpleidingen, remleidingen, platen en bodems voor warmtewisselaars, condensatoren, apparatenbouw, zoetwaterbereiders					
			10 ... 80							2 ... 20	340 420	120 180	zoals CW352H, maar nog meer bestand tegen erosiecorrosie; oliekoeler, ontzilingsinstallaties, scheepscondensatoren	
			2 ... 20							2 ... 20	380 450 540	270 300 450	'nieuwzilver', goed bestand tegen atmosferische invloeden, organische verbindingen, neutrale en alkalische zoutoplossingen, zeer goed koud omvormbaar, soldeer- en polijstbaar; onderdelen voor optica en fijnmechanica, dieptrek- en stempeldelen, tafelapparatuur, contactveren, bouwwezen	
CuNi30Mn1Fe	CW354H	R340 R420	10 ... 80 2 ... 20	30 14	340 420	120 180	152	18						
CuNi12Zn24	CW430J	R380 R450 R540	2 ... 50 2 ... 40 2 ... 10	38 11 5	380 450 540	270 300 450	125							
CuSn10-C	CC480K	GS GM GC GZ		18 10 10 10	250 270 280 280	130 160 170 160	94 ... 98	13	7. Koper-tin-gietlegeringen volgens NEN EN 1982 (giet-tinbrons) bestand tegen corrosie, cavitatie en zeewater; zwaarbelaste en corrosiebestendige pomphuizen en armaturen, snellopende worm- en tandwielen met stootbelasting, klepzittingen					
										5 5 5	240 280 280	130 150 150	goede slijtvastheid; hoogbelaste glijelementen, onder last bewegende spindelmoeren, worm- en schroefwielkransen, glijlagers met hoge belastingspieken	
										7 5 6 5	260 270 300 280	140 150 150 150	Standaardlegering met goede glij- en slijteigenschappen bij goede corrosiebestendigheid, uitstekende noodloopeigenschappen; bussen, glijelementen, glijlijsten, lagerschalen	
										12 8 10	280 300 300	160 180 180	hogere 0,2 %-rekgrens en vermoeiingssterkte, delamineren van metalen deeltjes aan de tandflanken van kegel- en wormwielen wordt voorkomen (pitting); snellopende worm- en schroefwielkransen, hoogbelaste pomp- en armatuuronderdelen, spindelmoeren	
CuSn11Pb2-C	CC482K	GS GZ GC		5 5 5	240 280 280	130 150 150								
CuSn12-C	CC483K	GS GM GC GZ		7 5 6 5	260 270 300 280	140 150 150 150								
CuSn12Ni2-C	CC484K	GS GZ GC		12 8 10	280 300 300	160 180 180								
CuZn33Pb2-C	CC750S	GS, GZ		12	180	70	98	8. Koper-zink-gietlegeringen volgens NEN EN 1982 gunstig in prijs, goed verspaanbaar, slijp- en polijstbaar, gemiddeld geleidingsvermogen, goede bestendigheid bedrijfswater; bij voorkeur voor zandgietdelen, gas- en waterarmaturen, behuizingen, constructie-elementen						
CuZn37Pb2Ni1AlFe-C	CC753S	GM		15	300	150	100	bij voorkeur voor serie-producten in het voordelige coquilletgietwerk; water-, sanitair- en verwarmingsinstallaties						
CuZn33Pb2Si-C	CC751S	GP		5	400	280	105	11 spuitgietlegering voor ontzinkingsbestendige gietstukken, bestand tegen chloorhoudend water						
CuZn34Mn3Al2Fe1-C	CC764S	GS GM GZ		15 10 14	600 600 620	250 260 260	110	11	hoge sterkte en hardheid; voor statisch hoog belastbare constructie-elementen, klep- en regelementen, kegels, passingen					
										25	450	170	100	gemiddelde sterkte; constructie- en besturingsmateriaal in werktuigbouw en fijnmechanica, coquilletgietwerk voor machinebouw en elektrotechniek
CuZn37Al1-C	CC766S	GM		25	450	170	100							

Tabel 1-3 Vervolg

materiaalaanduiding		toestand <sup>4)</sup>	dikte diam. mm	A % min.	R <sub>m</sub> min.	R <sub>p0,2</sub> min.	E kN/mm <sup>2</sup>	relatieve materiaal-kosten <sup>2)</sup>	eigenschappen en toepassingsvoorbeelden
aanduiding	nummer								
CuSn5Zn5Pb5-C	CC491K	GS		13	200	90	95	12	9. Koper-tin-zink-(lood-)gietlegeringen (rood messing) en koper-tin-lood-gietlegeringen (giet-tin-loodbrons) volgens NEN EN 1982  basislegering, niet voor glijdoelinden, zeer corrosiebestendig, goede sterkte-, bewerkings- en giet-eigenschappen; hoogwaardige kleppen, armaturen, waterpomphuizen, tandwielen, drukkichte gietstukken
		GM		6	220	110			
		GZ		13	250	110			
		GC		13	250	110			
CuSn7Zn4Pb7-C	CC493K	GS		15	230	120			standaard glijmateriaal met uitstekende noodloopeigenschappen, gemiddelde sterkte en hardheid; glijlagers voor geharde en ongeharde aandrijfassen, glijplaten en -lijsten, drukwalsen, scheepsascoatings
		GM		12	230	120			
		GC, GZ		12	260	120			
CuSn7Zn2Pb3-C	CC492K	GS		14	230	130			constructiemateriaal met hoge sterkte en rek, geringe wanddiktegevoeligheid en gasdoorlaatbaarheid, drukkicht
		GM		12	230	130			
		GZ		12	260	130			
		GC		12	270	130			
CuSn10Pb10-C	CC495K	GS		8	180	80			zeer goede glij-eigenschappen, goede corrosiebestendigheid, goede slijtvastheid; glijlagers voor hoge vlaktedruk, hoog belastbare voertuiglagers en kalanderswalsen, lagere voor warmwalsen
		GM		3	220	110			
		GZ		6	220	110			
		GC		8	220	110			
CuSn5Pb20-C	CC497K	GS		5	150	70			uitstekende glij- en noodloopeigenschappen, giet-technisch problematisch (compoundgietwerk), bestand tegen zwavelzuur, voor lagere met hoge druk en geringe glij-snelheid; drijfstaaglagers in verbrandingsmotoren, lagere voor waterpompen, koudbandwalsen en landmachines, corrosiebestendige armaturen en behuizingen
		GC		7	180	90			
		GZ		6	170	80			
CuAl9-C	CC330G	GM		20	500	180			10. Koper-aluminium-gietlegeringen (giet-aluminiumbrons) volgens NEN EN 1982  zeewaterbestendig en corrosiebestendig tegen zwavel- en azijnzuur; scheepsbouw, apparatenbouw, klepzittingen, armaturen, beitsinstallaties
		GZ		15	450	160			
CuAl10Fe2-C	CC331G	GS		18	500	180	120	14	zeewater- en corrosiebestendig, slijtvast, sterkte-waarden weinig temperatuurafhankelijk, statisch en oscillerend hoog belastbaar, niet voor chloorhoudende media; schroefassen, tandkransen, wormwielen, stoomarmaturen, regelementen
		GM		20	600	250			
		GZ		18	550	200			
		GC		15	550	200			
CuAl10Fe5Ni5-C	CC333G	GS		13	600	250			zeer goede wisselsterkte ook bij corrosiebelasting (zeewater), hoge weerstand tegen cavitatie en erosie, langdurig belastbaar tot 250 °C, lasbaar met S235; scheepsschroeven, schroefaskokers, loopwielen, pomphuizen
		GM		7	650	280			
		GZ		13	650	280			
		GC		13	650	280			
b) Aluminiumlegeringen K <sub>t</sub> = 1 voor alu-kneedleg. en voor alu-gietleg. alleen bij d ≤ 12 mm K <sub>t</sub> = 1,1 · (d/7,5 mm) <sup>-0,2</sup> voor alu-gietleg. bij 12 mm < d < 150 mm K <sub>t</sub> = 0,6 voor alu-gietleg. bij d ≥ 150 mm genormaliseerde afmeting van de proefstaaf: d <sub>N</sub> = 12 mm									
ENAW-(Al99,5)	ENAW-1050A	O/H111 H14 H18	plaatstaal	≤50	>20	65	20	2,1	1. Aluminium en aluminiumlegeringen, niet uitgehard (NEN EN 485-2, 754-2, 755-2)  goede corrosiebestendigheid, goed koud en warm omvormbaar, goed las- en soldeerbaar, slecht verspaanbaar, oppervlaktebescherming door anodiseren; apparaten, tanks, pijpleidingen voor levensmiddelen en drank, dieptrek-, druk- en plaatstaalgietwerk, stroomrails, buitenleidingen, verpakkingen
			≤25	2 ... 6	105	85			
			≤3		140	120			
ENAW-AlMn1Cu	ENAW-3003	O/H111 H14 H18	plaatstaal	≤50	>15	95	35	2,1	hogere sterkte dan zuiver aluminium, goed alkali-bestendig, goed soldeer-, las- en koudomvormbaar, goede warmtesterkte; dakdekkingen, warmtewisselaars, kookgerei, grillpannen, sluitingen, blikdelen, voertuigopbouwen
			≤25	2 ... 5	145	125			
			≤3		190	170			
ENAW-AlMg5	ENAW-5019	F, H112 O, H111 H12, H22 H14, H24	rondstaven	≤200	14	250	110	2,5	verhoogd corrosiebestendig tegen zeewater, slecht soldeer- en lasbaar, goed koud omvormbaar; draai-delen van automaten, voornamelijk geanodiseerd en gekleurd of hardgeanodiseerd, bouten, stiften, schroefnagels, draadproducten
			≤80	16	250	110			
			≤40	8	270	180			
			≤25	4	300	210			
ENAW-AlMg2 Mn0,8	ENAW-5049	O, H111 H14 H18	plaatstaal	≤100	12 ... 18	190	80	2,3	eigenschappen van de reeks 5000, maar moeilijk warm omvormbaar en slecht soldeerbaar; draagconstructies, opbouwen voor bedrijfswagens, carrosserieën, drukvaten, apparaten en tanks voor drank en levensmiddelen, bouten, klinknagels
			≤25	3 ... 5	240	190			
			≤3	2	290	250			

Tabel 1-3 Vervolg

materiaalaanduiding		toestand <sup>4)</sup>	dikte diam. mm	A % min.	R <sub>m</sub> min.	R <sub>p0,2</sub> min.	E kN/mm <sup>2</sup>	relatieve materiaal-kosten <sup>7)</sup>	eigenschappen en toepassingsvoorbeelden
aanduiding	nummer								
ENAW-AlMg4,5 Mn0,7	ENAW-5083	O, H111 H14 H16	plaatstaal ≤50 ≤25 ≤4	≥11 2...4 2	275 340 360	125 280 300	70	2,1	eigenschappen van de reeks 5000, maar daarbij hoge chemische bestendigheid en laagtemperatuu- eigenschappen (tot 4 K), bedrijfstemperaturen tus- sen 80 en 200 °C bij gelijktijdige mechanische be- lasting vermijden; drukvaten, draagconstructies (ook zonder oppervlaktebescherming), zelfdra- gende opleggers en tankwagens, lasconstructies, pantserplaten, machineframes, luchtontledings- en gasverdichtingsinstallaties, methaantankers
ENAW-AlMg4	ENAW-5086	O, H111 H14 H18	plaatstaal ≤150 ≤25 ≤3	≥11 2...4 1	240 300 345	100 240 290		3	eigenschappen van de reeks 5000, niet geschikt voor langdurige temperaturen boven 65 °C, gevoelig voor interkristallijne corrosie en spannings- scheurcorrosie na ondeskundige warmtebehande- ling; lasconstructies, machinebouw, scheepsindustrie, apparaten, tanks, pijpleidingen voor levensmiddelen en drank
ENAW-AlMg3	ENAW-5754	O, H111 H14 H18	plaatstaal ≤100 ≤25 ≤3	≥12 3...5 2	190 240 290	80 190 250		3	eigenschappen en toepassing gelijk aan AlMg2Mn0,8
ENAW-AlCu4Pb MgMn	ENAW-2007	T3 T3 T351	rondstaven ≤30 30...80 ≤80	7 6 5	370 340 370	240 220 240		2,5	2. Aluminium-kneedgelegingen, uithardbaar (NEN EN 485-2, 754-2 en 755-2) automatenlegering, alleen in de toestand koud uit- gehard in de vorm van staven en buizen leverbaar, niet geschikt voor lassen, geringe chemische besten- digheid en gering geleidingsvermogen; draai- en freesdelen
ENAW-AlCu4 SiMg	ENAW-2014	O, H111 T3 T4 T6	rondstaven ≤80 ≤80 ≤80 ≤80	10 8 12 8	<240 380 380 450	<125 290 220 380		2,5	in warm uitgeharde toestand voldoende corrosiebe- stendig, beperkt koud omvormbaar en verspaan- baar, niet geschikt voor lassen en anodische oxida- tie; matrijs- en handsmeedstukken voor hoge belasting van hydraulische en pneumatische onder- delen, drijfstangen, bouten, tandwielen, construc- ties in de machine-, vliegtuig- en hoogbouw
ENAW-AlMgSi	ENAW-6060	T4 T5 T6	profielen ≤25 ≤5 > 5 ≤ 25 ≤3 > 3 ≤ 25	16 8 8 8 8	120 160 140 215 195	60 120 100 160 150	70	3	de soorten van de reeks 6000 zijn koud en warm uithardbaar, lasbaar, corrosiebestendig en niet de- coratief anodiseerbaar; het soort 6060 is bovendien bijzonder goed te extruderen, ook is uitharden na lassen mogelijk; profielen voor draagconstructies, kozijn-, deur-, afdek- en afsluitprofielen, rolluik- stangen, verwarmingselementen, machinetafels, elektromotorhuizen, pneumatische cilinders, op- bouwen, containers, inrichtingen van schepen en railvoertuigen
ENAW-AlSi1MgMn	ENAW-6082	O, H111 T4 T5 T6	profielen alle ≤25 ≤5 ≤5 >5 ≤ 25	14 14 8 8 10	<160 205 270 290 310	<110 110 230 250 260		3,2	zoals soort 6060, heeft de hoogste sterkte, taatheid en corrosiebestendigheid maar kan moeilijk worden geperst; profielen en smeedwerk voor draag- constructies, de voertuig- en werktuigbouw, plaat- staalgietwerk, biervaten, bouten, klinknagels
ENAW-AlZn4,5MgI	ENAW-7020	T6	Profilen ≤40	10	350	290		3,2	constructielegeringen van de reeks 7000 met de hoogste sterkte bij een geringe bestendigheid, goed koudomvormbaar in zachte toestand (O), hardt na het smellassen vanzelf uit, maar is kerf- en verou- deringsgevoelig; profielen, buizen en platen voor gelaste draagconstructies constructies in de machi- ne-, vliegtuig- en hoogbouw
ENAC-AlCu4MgTi	ENAC-21000	ST4 KT4 LT4		5 8 5	300 320 300	200 200 220	72		3. Aluminium-gietlegeringen volgens NEN EN 1706 eenvoudige gietstukken met zeer hoge sterkte (warm uitgehard) of taatheid (koud uitgehard), goed ver- spaanbaar, beperkt lasbaar; als fijn-gietwerk (L) ook voor ingewikkelde dunwandige gietstukken voor de machine- en voertuigbouw
ENAC-AlSi7Mg0,3	ENAC-42100	ST6 KT6 LT6		2 4 3	230 290 260	190 210 200	73		voor gietstukken met gemiddelde tot grotere wand- dikte, hoge sterkte en taatheid, corrosiebestendig, als fijn-gietwerk voornamelijk voor dunwandige gietstukken voor de vlieg- en voertuigbouw; uit- hardbaar; achteras-koppelstangen, remzadels, wiel- dragers

Tabel 1-3 Vervolg

materiaalaanduiding		toestand <sup>4)</sup>	dikte diam. mm	A % min.	R <sub>m</sub> min.	R <sub>p0,2</sub> min.	E kN/mm <sup>2</sup>	relatieve materiaal-kosten <sup>2)</sup>	eigenschappen en toepassingsvoorbeelden
aanduiding	nummer								
ENAC-AISI9Mg	ENAC-43300	ST6 KT6		2 4	230 290	190 210	75	3,5	voor ingewikkelde, dunwandige gietstukken met hoge sterkte, goede taaiheid en zeer goede weersbestendigheid, uithardbaar, goed las- en soldeerbaar, goed verspaanbaar; motorblokken, drijfwerkkasten, modulators
ENAC-AISI8Cu3	ENAC-46200	SF KF DF		1 1 1	150 170 240	90 100 140	75		voor ingewikkeld, dunwandig zand- en coquille-gietwerk, niet uithardbaar, zeer goed vulvermogen van de gietvorm, geringe neiging tot inwendige blaasjes of inzinkingen, goede warmtesterkte tot 200 °C, geringe taaiheid en bestendigheid, productielassen mogelijk (WIG); behuizingen voor de machine-, apparaten- en voertuigbouw
ENAC-AIMg5	ENAC-51300	SF KF LF		3 4 3	160 180 170	90 100 95	69		voor corrosiebestende gietstukken, ook voor belasting door zwak alkalische media en voor gietstukken met decoratief oppervlak, niet uithardbaar, zeer goed verspaanbaar, anodisch oxideerbaar; beslagdelen, huishoudapparaten, armaturen, machines voor de levensmiddelen- en drankindustrie, scheepsbouw
c) Magnesiumlegeringen									laagste dichtheid van alle metallische materialen bij gemiddelde sterkte, uitstekend verspaanbaar, kerfgevoelig, slagvast door lage E-modulus en geluidsendepend, bijzondere beschermingsmaatregelen tegen zelfontbranding (bij smelten, gieten, verspanen) en corrosie noodzakelijk, super lichtblauw door met vezels en deeltjes (bijv. SiC) versterkt composietmateriaal (MMC)
MgMn2	3.5200.08	F20 F22	>2 <2	1,5 2	200 220	145 165			1. Magnesiumlegeringen volgens DIN 1729 en DIN 9715 corrosiebestendig, licht omvormbaar, goed lasbaar (WIG); plaatprofielen, voeringen, gietwerk, brandstoftanks
MgAl3Zn	3.5312.08	F20 F24 F27	– ≤10 –	1,5 10 8	200 240 270	145 155 155	43 ... 45		gemiddelde sterkte, omvormbaar, goede chemische bestendigheid, lasbaar; constructie-elementen van gemiddelde mechanische belasting
MgAl6Zn	3.5612.08	F27	≤10	10	270	175			hoge sterkte, trillingsvast, beperkt lasbaar; corrosie-onderdelen, lichte constructie-elementen
MgAl8Zn	3.5812.08	F27 F29 F31	– ≤10 ≤10	8 10 6	270 290 310	195 205 215			zeer hoge sterkte, trillingsvast, niet lasbaar; voor trillings- en stootbelaste onderdelen
EN-MCMgAl8Zn1	EN-MC 21110	S, KF S, KT4 DF		2 8 1...7	160 240 200 ... 250	90 90 140 ... 170		3	2. Magnesium-gietlegeringen volgens NEN EN 1753 goed giet- en lasbaar, goede glijeigenschappen, dynamisch belastbaar; trillings- en stootbelaste onderdelen, behuizingen voor drijfwerk en motoren, olieopvangbakken
EN-MCMgAl9Zn1	EN-MC 21120	S, KF S, KT4 S, KT6 DF		2 6 2 1...6	160 240 240 200 ... 260	90/110 110/120 150 140 ... 170	41 ... 45	3,5	goed giet- en lasbaar, hoge sterkte, dynamisch belastbaar; trillings- en stootbelaste onderdelen, vlieg- en voertuigbouw, armaturen

<sup>1)</sup> De mechanische en fysische eigenschappen van de materialen worden sterk beïnvloed door fluctuaties in de legeringssamenstelling en de materiaalstructuur. De aangegeven sterktewaarden zijn alleen voor bepaalde afmetingen gegarandeerd.

<sup>2)</sup> Zie ook voetnoot 3) bij tabel 1-1. De aangegeven relatieve materiaalcosten gelden bij zandgietwerk tussen 1 en 5 kg, gemiddelde moeilijkheidsgraad, seriegrootte minstens 10 stuks; coquille- en spuitgietwerk tussen 0,25 en 0,5 kg, gemiddelde moeilijkheidsgraad, seriegrootte minstens 5000 stuks.

<sup>3)</sup> Verdere materiaalgegevens over koperlegeringen: zie tabel 15-6 onder 'glijlagers'.

<sup>4)</sup> Toestandsaanduidingen en gietprocédé:

sterkte bij Cu-leg.: bijv R600 → minimale treksterkte R<sub>m</sub> = 600 N/mm<sup>2</sup>;

gietprocédé bij Cu-leg.: GS zandgieten GM coquillegieten GZ centrifugaalgieten GC strenggieten GP spuitgieten;

aluminium-kneedlegeringen, niet uithardbaar: O = zachtgegloeid; F = giettoestand; H111 = gegloeid met de volgende geringe koudversteving; H12 = koud verstevigd, 1/4-hard; H14 = koud verstevigd, 1/2-hard; H16 = koud verstevigd, 3/4-hard; H18 = koud verstevigd, 4/4-hard; H22 = koud verstevigd en teruggegloeid, 1/4-hard; H24 = koud verstevigd en teruggegloeid, 1/2-hard;

aluminium-kneedlegeringen, uithardbaar: T3 = oplosgegloeid, koud omgevormd en koud verouderd; T351 = oplosgegloeid, door gecontroleerd rekken ontspannen en koud verouderd; T4 = oplosgegloeid en koud verouderd; T5 = afgeschrikt en warm verouderd; T6 = oplosgegloeid en geheel warm verouderd;

aluminium- en magnesium-gietlegeringen: S zandgieten K coquillegieten D spuitgieten L fijngieten;

sterkte bij magn.-kneedlegering: bijv. F22 → R<sub>m</sub> = 10 · 22 = 220 Nmm<sup>2</sup>.



Tabel 1-4 Kunststoffen

Selectie voor de algemene machinebouw

Sterktewaarden gelden bij kamertemperatuur in N/mm<sup>2</sup>

Algemene kenmerken: relatief geringe sterkte, geringe stijfheid door lage elasticiteitsmodulus, mechanische eigenschappen sterk tijd- en temperatuurafhankelijk, gering wamtegeleidingsvermogen, goede elektrische-isolatie-eigenschappen; goede bestendigheid; groot aantal soorten

materiaal aanduiding handelsnaam	dichtheid $\rho$ g/cm <sup>3</sup>	rek <sup>1)</sup> $\epsilon_M$ ( $\epsilon_B$ ) % min.	sterkte <sup>2)</sup> $\sigma_M$ ( $\sigma_{bW}$ ) min.	tijdrekspan- ning $\sigma_{1/1000}$ min.	elasticiteits- modulus $E$ gemiddeld	gebruiks- temperatuur continu °C max.   min.	relatieve materiaal- kosten <sup>3)</sup>	eigenschappen en toepassingsvoorbeelden
a) Thermoplasten								kunnen zonder chemische verandering reversibel tot een plastische toestand worden verwarmd en vervolgens gemakkelijk vervormd; ze zijn smelbaar, lasbaar, zwellbaar en oplosbaar; naar gelang de moleculuurlening zijn ze bros en glashelder (amorf) of troebel, taai en slagvast (semi-kristallijn)
polyethyleen PE-HD PE-LD Hostalen, Vestolen, Baylon	0,96 0,92	12 (400) 8 (600)	20 (16) 8	2 1	1000 300	80 – 50 60 – 50	0,6 (0,3) (0,25)	PE met hoge dichtheid (PE-HD) met hogere sterkte dan PE met lage dichtheid (PE-LD), hoge taaheid en scheur- rek, zeer geringe wateropname, hoge chem. bestendig- heid; waterleidingen, fittingen, kratten, brandstoftanks, folies, afdichtingen, afvalbakken
polypropyleen PP (isotactisch) Novolen, Ultralen, Vestolen P	0,9	10 (800)	35 (20)	6	1200	100   0	0,6 (0,35)	gunstigere mechanische en thermische eigenschappen t.o.v. PE, geringe taaheid bij koude, neigt nauwelijks tot de vorming van spanningsscheuren; vormstukken met filmscharnieren, interieur van auto's, behuizingen van huishoudelijke apparatuur, projectoren en pompen
polystyreen PS Vestylon, Styron, Polystyrol	1,05	3	45 (20)	18	3300	60 – 10	0,6 (0,35)	amorfie structuur, glashelder; stijf, hard en bros; briljant oppervlak; hoge maatvastheid, zeer goede elektrische ei- genschappen, neiging tot vorming van spanningsscheu- ren, geringe bestendigheid tegenover organische produc- ten; wegwerppakkingen, brillenglazen, tekengerei, bestek, vormartikelen voor televisies
acrylonitril- butadiëen-styreen (ABS) Novodur, Terluran, Cycolac	1,05	2 (20)	32 (15)	9	2300	75 – 40		slagtaai, krasvast, hoge vormvastheid en goed bestand tegen temperatuurschommelingen, goede chemische be- stendigheid, niet weervast, galvaniseerbaar; behuizingen, meubelonderdelen en tanks van allerlei aard, interieurde- len voor vrachtwagens en vliegtuigen, veiligheidshelmen, sanitaironderdelen
polyvinylchloride hard PVC-U Hostalit, Mipolam, Trovidur	1,38	4 (10)	50	20	3000	65 – 5		amorfie structuur, doorschijnend tot transparant, stijf, hard, slaggevoelig bij koude, goede chemische bestendig- heid, hoge dielektrische verliezen, moeilijk ontvlambaar; reservoirs in chemie en galvanotechniek, zuurbestendige onderdelen van behuizingen en apparaten, buizen, ge- luidsbandcassettes, vensterramen
polytetrafluor- ethyleen PTFE Hostaflon TF, Teflon, Fluon	2,15	10 (350)	12 (30)	1	410	250 – 200	15,5 (0,35)	flexibel, sterke kruip, gering adhesievermogen, laagste wrijvingscoëfficiënt van alle vaste stoffen, nagenoeg uni- versele chemicaliënbestendigheid, zeer goed elektrisch isolerend, hoge thermostabiliteit, duur; antihechtcoas- tings, transportbanden (plakt niet), glijlagers, slangen, afdichtingen, plaatvormige steunvlakken, zuigerringen
polyoxymethyleen POM Delrin, Hostaform, Ultraform	1,41	8 (25)	65 (27)	12	2800	90 – 60		taaihard, stijf, goede veereigenschappen, gunstig glij- en slijtgedrag, bestand tegen oplosmiddelen en chemicaliën, geen waterabsorptie, favoriet constructiemateriaal: glijla- gers, behuizingen, beslag, klik- en veerelementen, tand- wielen
polyamide PA66 Durethan A, Ultramid A, Minlon hoogste waarden: droog laagste waarden: geconditioneerd (vochtig)	1,13 1,14	5 (20) 15 (150)	80 55 (30)	7 6	2800 1600	100 – 30 100 – 30	2,2 (1,2)	PA-type met de hoogste hardheid, stijfheid, slijtvastheid en vormvastheid bij hitte; mechanische eigenschappen, afmetingen van vormstukken en elektrische isolatie-ei- genschappen hangen sterk af van het vochtgehalte, meestal is verrijken met water vereist (conditioneren), goede glij- en noodloopeigenschappen, bestand tegen brandstoffen en oliën; glijelementen, tandwielen, looprol- len, behuizingen, kabels, lagerbussen, pluggen

Tabel 1-4 Vervolg

materiaal aanduiding handelsnaam	dichtheid $\rho$ g/cm <sup>3</sup>	rek <sup>1)</sup>	sterkte <sup>2)</sup>	tijdrekspan- ning	elasticiteits- modulus $E$ gemiddeld	gebruiks- temperatuur continu °C		relatieve materiaal- kosten <sup>3)</sup>	eigenschappen en toepassingsvoorbeelden
		$\epsilon_M$ ( $\epsilon_B$ ) % min.	$\sigma_M$ ( $\sigma_{0.2}$ ) min.	$\sigma_{1/100}$ min.		max.	min.		
b) Thermoharders/duroplasten									fijnmazig ruimtelijk gekoppelde polymere materialen die na de vormgeving (harding) alleen nog verspanend te bewerken zijn; niet smelbaar, niet lasbaar, niet oplosbaar en slechts zwak zwellbaar, worden meestal verwerkt met versterkingsmateriaal
fenolhars-hardweefsel DIN 7735 Hgw 2081 (vulmateriaal: katoenweefsel) Resofil, Resitex, Novotex	1,3	—	50 (25)		7000	110			hoge taatheid, sterkte, stijfheid en hardheid, niet bestand tegen sterke zuren en logen; mechanisch hoog belastbaar gelaagd en geperst materiaal voor tandwielen (geluids-arm), lagerbussen, glijbanen, looprollen, trekgereedschappen
polyesterhars UP DIN 16946 Typ 1110 Vestopal, Palatal	1,2	(0,6)	40		3500	100			hard, bros, transparant, meestal als giethars voor de fabricage van versterkte vormstukken, aangietmateriaal, coatings, deklagen
GFK-laminaten UP-hars – glasvezel-doek 55% – glas-rovingweefsel 65% Alpolit, Leguval, Sonoglas	1,65 1,8	— (2)	250 (50) 650	50	16000 35000	100 100	6		zeer hoge sterkte, goede chemische bestendigheid, ook voor buitentoepassingen, goede elektrische isolatie-eigenschappen, doorschijnend, laden zich elektrostatisch op; laminaten voor constructie-elementen die uit grote vlakken bestaan, zoals machinehuizen, carrosserieën, reservoirs, ventilatoren, pijpleidingen, lichtstraten
PUR-integraal-hardschuim RIM-methode Baypreg, Elastopor, Elastolit	0,40 0,60	(7) (7)	8 18 (8)	3	350 600	100 100			goede mechanische stijfheid bij laag gewicht; behuizingen voor kopieer- en rekenmachines, meubels, winkleinrichtingen, carrosserie-onderdelen, schoenzolen
c) Elastomeren (synthetische rubbers)									laten zich reversibel oprekken tot minstens twee maal hun oorspronkelijke lengte, kleine elasticiteitsmodulus, flexibel
thermoplastische polyurethaan-elastomeren TPU Typ 385 Desmopan, Caprolan, Cytor	1,20	(400)	35 (6)		50	80	– 60		hoge scheurek, gunstig wrijvings- en slijtgedrag, hoge resistentie, goed dempingsvermogen; layers, dempingselementen, membranen, tandriemen, afdichtingen, hartkleppen, infusieslangen, slangenpompen, koppelingselementen
acrylonitril-butadien-rubber (nitril-rubber) NBR Perbunan N, Europrene N, Butacril	1,0	(450)	6		50	100	– 30		bestand tegen olie, vetten en brandstoffen, verouderingsbestendig, slijtvast, weinig koudeflexibel, geringe gaspermeabiliteit; standaard afdichtmateriaal, O-ringen, groefringmanchetten, oliekeerringen, benzineslangen, membranen
ethyleen-propyleen-rubber EPDM Buna AP, Vistalon, Keltan	0,86	(500)	4		200	120	– 50		goede weers-, ozon- en chemicaliënbestendigheid (behalve olie en brandstof), warmwaterbestendig (zeepsop), goed elektrisch isolerend; energie-absorberende uitwendige auto-onderdelen (spoilers, bumpers), afdichtingen, koelwaterslangen, kabelommantelingen
siliconenrubber MVQ Silopren, Silastic, Elastosil	1,25	(250)	1		200	180	– 80		moeilijk vochtig te maken, uitstekend bestand tegen warmte, koude, licht en ozon, zeer goed elektrisch isolerend, niet bestand tegen brandstof en waterdamp, fysiologisch zonder bezwaren; statische en dynamische afdichtingen, duurzaam elastische voegafdichtingen, gietmateriaal, transportbanden (niet klevende, resp. warme goederen), slangen

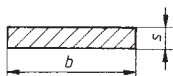
<sup>1)</sup> Rek bij de treksterkte. Waarden tussen haakjes ( ) gelden voor de breukrek.

<sup>2)</sup> Maximale spanning (treksterkte) die een proefstuk tijdens een trekproef verdraagt. Waarden tussen haakjes ( ) gelden voor de buigwielsterkte.

<sup>3)</sup> Zie voetnoot 3) bij tabel 1-1.

De relatieve materiaalkosten gelden voor gemiddelde afmetingen van kunststof halffabrikaten. De waarden tussen haakjes ( ) omvatten slechts de zuivere materiaalkosten (granulaat).

**Tabel 1-5** Warmgewalste stalen platstaven voor algemene toepassing volgens NEN EN 10058



**Aanduiding** van een warmgewalste platte staaf van S235JR met breedte  $b = 60$  mm, dikte  $t = 12$  mm, en vaste lengte (F)  $L = 5000$  mm:  
 platstaaf EN 10 058 – 60 × 12 × 5000 F  
 staal EN 10025-S235JR

dikte $t$ : 5 6 8 10 12 15 20 25 30 35 40 50 60 80
breedte $b$ en gebied van de bijbehorende diktes $t$ : <b>10</b> × 5; <b>12</b> × 5 6; <b>15</b> × 5 6 8 10; <b>16</b> × 5 6 8 10; <b>20</b> × 5 6 8 10 12 15; <b>25</b> × 5 6 8 10 12 15; <b>30</b> × 5 6 8 10 12 15 20; <b>35</b> × 5 6 8 10 12 15 20; <b>40</b> × 5 6 8 10 12 15 20 25 30; <b>45</b> × 5 6 8 10 12 15 20 25 30; <b>50</b> × 5 6 8 10 12 15 20 25 30; <b>60</b> × 5 6 8 10 12 15 20 25 30 35 40; <b>70</b> × 5 6 8 10 12 15 20 25 30 35 40; <b>80</b> × 5 6 8 10 12 15 20 25 30 35 40 50 60; <b>90</b> × 5 6 8 10 12 15 20 25 30 35 40 50 60; <b>100</b> × 5 6 8 10 12 15 20 25 30 35 40 50 60; <b>120</b> × 6 8 10 12 15 20 25 30 <b>35 40 50 60; 150</b> × 6 8 10 12 15 20 25 30 35 40 50 60 80

**Lengtesoort:** fabriekslengte (M) 3000 tot 13000 mm; vaste lengte (F) 3000 bis 13000 mm ± 100 mm; exacte lengte (E) < 6000 mm ± 25 mm, ≥ 6000 mm tot 13000 mm ± 50 mm.

**Tabel 1-6** Rondstaven

soort (gebruikelijke uitvoering)	toelaatbare afwijking in mm	nominale diameter $d$ in mm
warmgewalste stalen rondstaven volgens NEN EN 10060	$\pm 0,4 : d = 10 \dots 15$ $\pm 0,5 : d = 16 \dots 25$ $\pm 0,6 : d = 26 \dots 35$ $\pm 0,8 : d = 36 \dots 50$ $\pm 1,0 : d = 52 \dots 80$ $\pm 1,3 : d = 85 \dots 100$ $\pm 1,5 : d = 105 \dots 120$ $\pm 2,0 : d = 125 \dots 160$ $\pm 2,5 : d = 165 \dots 200$ $\pm 3,0 : d = 220$ $\pm 4,0 : d = 250$	10 12 13 14 15 16 18 19 20 22 24 25 26 27 28 30 32 35 36 38 40 42 45 48 50 52 55 60 63 65 70 73 75 80 85 90 95 100 105 110 115 120 125 130 135 140 145 150 155 160 165 170 175 180 190 200 220 250
blanke rondstaven volgens NEN EN 10 278 <sup>1)</sup> eindtoestand: a) getrokken (+C) b) geschild (+SH) c) geslepen (+SL) d) gepolijst (+PL)	getrokken/geschild: h9 h10 h11 h12 geslepen/gepolijst: h6 h7 h8 h9 h10 h11 h12	niet vastgelegd

<sup>1)</sup> Vervanging voor DIN 668, DIN 670 en DIN 671: blank rondstaal, DIN 669: blanke stalen assen, DIN 59360 resp. DIN 59361: geslepen-gepolijst blank rondstaal.

Lengtesoort voor warmgewalste rondstaven: fabriekslengte (M) 3000 tot 13000 mm; vaste lengte (F) 3000 tot 13000 mm ± 100 mm; exacte lengte (E) < 6000 mm ± 25 mm, ≥ 6000 t/m 13000 mm ± 50 mm.

Lengtesoort voor blanke rondstaven: fabriekslengte 3000 tot 9000 mm ± 500 mm; voorraadlengte 3000 of 6000 mm + 200 mm; exacte lengte t/m 9000 mm ± 5 mm (kleinste maat).

**Aanduidingsvoorbeeld:** warmgewalste rondstaaf van staal volgens NEN EN 10060, diameter 30 mm, exacte lengte (E) 4000 mm, kwaliteitsnorm EN 10083-1, afkorting 42CrMo4:

rondstaaf EN 10060 – 30 × 4000 E;  
 staal EN 10083-1-42CrMo4.

**Aanduidingsvoorbeeld:** blanke rondstaaf volgens NEN EN 10278, diameter 40 mm, exacte lengte 2500 ± 10 mm, tolerantieveld h10, materiaalnorm DIN EN 10084, afkorting 16MnCr5, eindtoestand getrokken (+C), oppervlaktekwaliteitsklasse 3:

rond EN 10278 – 40h10 × 2500 ± 10;  
 EN 10084-16MnCr5 + C – klasse 3.

**Tabel 1-7** Platte producten van staal (selectie)

## a) Platen en banden – overzicht (leveringsvoorwaarden)

aanduiding	norm	staalsoort	grensmaatafwijkingen van de dikte	leveringsvormen
warmgewalst plaatstaal vanaf 3 mm dikte	NEN EN 10029	groep L: $R_c \leq 460 \text{ N/mm}^2$ groep H: $460 \text{ N/mm}^2 \leq R_c \leq 700 \text{ N/mm}^2$	klasse A: onderste grensmaatafwijking afhankelijk van de nominale dikte (-0,4 ... - 1,2) klasse B: constante onderste grensmaatafwijking -0,3 mm klasse C: $A_0 = 0$ , $A_0$ afhankelijk van $t$ (+1,2 ... +3,6) klasse D: maatafwijkingen symmetrisch t.o.v. de nominale maat verdeeld ( $\pm 0,6 \dots \pm 1,8$ )	nominale diktes: 3 mm bis 250 mm (geen voorkeurswaarden) nominale breedtes: $\geq 600$ mm
continu warmgewalst plaatstaal en staalband zonder coating van ongelegeerde en gelegeerde staalsoorten	NEN EN 10051	NEN EN 10025-2 NEN EN 10028 NEN EN 10083 NEN EN 10137 NEN EN 10088	klasse A: $\pm 0,17 \dots \pm 0,50$ , afhankelijk van de dikte en breedte voor platen met normale vervormingsweerstand; klasse B (toeslag 15 %), C (toeslag 30 %) en D (toeslag 40 %) bij staalsoorten met hoge vervormingsweerstand	plaat, breedband ( $\geq 600$ mm breedte) van breedband gesneden band ( $< 600$ mm), dikte $\leq 25$ mm levering met niet-bewerkte kanten (NK) of gesneden kanten (GK)

**Aanduidingsvoorbeeld**

Plaat volgens NEN EN 10051 met de nominale dikte 8,0 mm, nominale diameter 1500 mm, met gesneden kanten (GK), nominale lengte 3000 mm, van staal S235J0 volgens NEN EN 10025-2: plaat EN 10051 – 8,0 × 1500 (GK) × 3000  
staal EN 10025-2 – S235J0

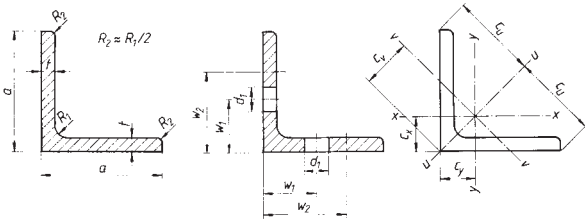
## b) Platen en banden – mechanische eigenschappen en leveringsvoorwaarden

staalsoort afkorting	materiaalnummer	A % min.	$R_m$ N/mm <sup>2</sup>	$R_c$ $R_{p0,2}$ N/mm <sup>2</sup> min.	Leverbare oppervlaktegesteldheid en -vormgeving	grensmaatafwijkingen van de dikte	leveringsvorm aanwijzingen
<b>Koudgewalste platte producten van zachte staalsoorten voor het koud vervormen volgens NEN EN 10130 + A1</b>							
DC01	1.0330	28	270 ... 410	140 280	<b>oppervlaktegesteldheid A:</b> poriën, groeven en noppen toelaatbaar, zolang geschiktheid voor het vervormen en voor oppervlakteklagen niet nadelig wordt beïnvloed <b>oppervlaktegesteldheid B:</b> de beste plaatkant moet geschikt zijn voor kwaliteitslakken, de andere kant in ieder geval overeenkomen met oppervlaktegesteldheid A <b>oppervlakte-uitvoeringen</b> b: bijzonder glad ( $Ra \leq 0,4 \mu\text{m}$ ) g: glad ( $Ra \leq 0,9 \mu\text{m}$ ) m: mat ( $Ra = 0,6 \dots 1,9 \mu\text{m}$ ) r: ruw ( $Ra \geq 1,6 \mu\text{m}$ )	conform NEN EN 10131 afhankelijk van nominale dikte en nominale breedte ( $\pm 0,4 \dots \pm 0,17$ )	dikte: 0,35 ... 3,0 mm plaatstaal, breedband, gesneden band of staven levering vindt plaats in koud nagewalste toestand, geolied de kleinere $R_c$ -waarde geldt voor constructiedoeleinden vrij van vloeifiguren: DC01: 3 maanden DC03, DC04, DC05: 6 maanden DC06: onbegrensd toepassing: koud omgevormde plaatdelen in de machine-, voertuig- en apparatenbouw; las- en lakbaar
DC03	1.0347	34	270 ... 370	140 240			
DC04	1.0338	38	270 ... 350	140 210			
DC05	1.0312	40	270 ... 330	140 180			
DC06	1.0873	38	270 ... 350	120 180			
<b>Warmgewalste platte producten van staalsoorten met hogere rekgrans in veredelde toestand volgens NEN EN 10025-6</b>							
S460Q	1.8908	17	( $3 \leq t \leq 50$ ) 550 ... 720	( $3 \leq t \leq 50$ ) 460	voor de toelaatbare oppervlakte-onvolkomenheden en het bijwerken van oppervlaktefouten door slijpen of lassen geldt klasse A of B volgens EN 10163-2	zie EN 10029 klasse A	toepassing in nominale diktes van 3 mm tot 150 mm bij de soorten S460, S500, S550, S620 en S690, maximal 100 mm bij S890 en max. 50 mm bij S960 Alle soorten ook leverbaar in de kwaliteitsgroep L en L1 (bijv. S690QL1) met vastgestelde kerfslagarbeid bij $-40 \text{ }^\circ\text{C}$ of $-60 \text{ }^\circ\text{C}$ ; zonder S960QL1. buigstraal bij het afschuiven bij nominale diktes $3 \leq t \leq 16$ : $t \geq 4 t$ . In principe geschikt om te lassen.
S500Q	1.8924	17	590 ... 770	500			
S550Q	1.8904	16	640 ... 820	550			
S620Q	1.8914	15	700 ... 890	620			
S690Q	1.8931	14	770 ... 940	690			
S890Q	1.8940	11	940 ... 1100	890			
S960Q	1.8941	10	980 ... 1150	960			

**Aanduidingsvoorbeeld**

Aanduiding van breedband van de staalsoort DC06 volgens EN 10130, oppervlaktegesteldheid B (B), oppervlakte-uitvoering mat (m):  
plaatstaal EN 10130 + A1 – DC06 – B – m

**Tabel 1-8** Warmgewalst gelijkzijdig hoekprofiel van staal volgens EN 10056-1

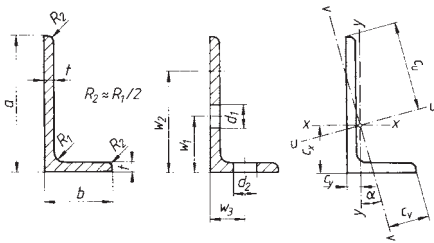


**Aanduiding** van een warmgewalst gelijkzijdig hoekprofiel met beenlengte  $a = 80$  mm en beendikte  $t = 10$  mm:  
L EN 10056-1-80 × 80 × 10

aanduiding	afmetingen			massa per meter $m'$ kg/m	doorsnede $A$ cm <sup>2</sup>	afstanden van de aslijnen			statische waarden voor de neutrale as							gaten en krasmaten volgens DIN 997			
	$a$ mm	$t$ mm	$R_1$ mm			$c_x = c_y$ cm	$c_u$ cm	$c_v$ cm	$I_x = I_y$ cm <sup>4</sup>	$i_x = i_y$ cm	$W_x = W_y$ cm <sup>3</sup>	$I_u - I_v$ cm <sup>4</sup>	$i_u$ cm	$I_v - I_u$ cm <sup>4</sup>	$i_v$ cm	$W_v - W_u$ cm <sup>3</sup>	$d_1$ max <sup>(1)</sup> mm	$w_1$ mm	$w_2$ mm
20 × 20 × 3	20	3	3,5	0,882	1,12	0,598	1,41	0,846	0,392	0,59	0,279	0,618	0,742	0,165	0,383	0,195	4,3	12	
25 × 25 × 3	25	3	3,5	1,12	1,42	0,723	1,77	1,02	0,803	0,751	0,452	1,27	0,945	0,334	0,484	0,326	6,4	15	
25 × 25 × 4	25	4	3,5	1,45	1,85	0,762	1,77	1,08	1,02	0,741	0,586	1,61	0,931	0,430	0,482	0,399	6,4	15	
30 × 30 × 3	30	3	5	1,36	1,74	0,835	2,12	1,18	1,40	0,899	0,649	2,22	1,13	0,585	0,581	0,496	8,4	17	
30 × 30 × 4	30	4	5	1,78	2,27	0,878	2,12	1,24	1,80	0,892	0,850	2,85	1,12	0,754	0,577	0,607	8,4	17	
35 × 35 × 4	35	4	5	2,09	2,67	1,00	2,47	1,42	2,95	1,05	1,18	4,86	1,32	1,23	0,678	0,865	11	18	
40 × 40 × 4	40	4	6	2,42	3,08	1,12	2,83	1,58	4,47	1,21	1,55	7,09	1,52	1,86	0,777	1,17	11	22	
40 × 40 × 5	40	5	6	2,97	3,79	1,16	2,83	1,64	5,43	1,20	1,91	8,60	1,51	2,26	0,773	1,38	11	22	
45 × 45 × 4,5	45	4,5	7	3,06	3,90	1,25	3,18	1,78	7,14	1,35	2,20	11,4	1,71	2,94	0,870	1,65	13	25	
50 × 50 × 4	50	4	7	3,06	3,89	1,36	3,54	1,92	8,97	1,52	2,46	14,2	1,91	3,73	0,979	1,94	13	30	
50 × 50 × 5	50	5	7	3,77	4,80	1,40	3,54	1,99	11,0	1,51	3,05	17,4	1,90	4,55	0,973	2,29	13	30	
50 × 50 × 6	50	6	7	4,47	5,69	1,45	3,54	2,04	12,8	1,50	3,61	20,3	1,89	5,34	0,968	2,61	13	30	
60 × 60 × 5	60	5	8	4,57	5,82	1,64	4,24	2,32	19,4	1,82	4,45	30,7	2,30	8,03	1,17	3,46	17	35	
60 × 60 × 6	60	6	8	5,42	6,91	1,69	4,24	2,39	22,8	1,82	5,29	36,1	2,29	9,44	1,17	3,96	17	35	
60 × 60 × 8	60	8	8	7,09	9,03	1,77	4,24	2,50	29,2	1,80	6,89	46,1	2,26	12,2	1,16	4,86	17	35	
65 × 65 × 7	65	7	9	6,83	8,70	1,85	4,60	2,62	33,4	1,96	7,18	53,0	2,47	13,8	1,26	5,27	21	35	
70 × 70 × 6	70	6	9	6,38	8,13	1,93	4,95	2,73	36,9	2,13	7,27	58,5	2,68	15,3	1,37	5,60	21	40	
70 × 70 × 7	70	7	9	7,38	9,40	1,97	4,95	2,79	42,3	2,12	8,41	67,1	2,67	17,5	1,36	6,28	21	40	
75 × 75 × 6	75	6	9	6,85	8,73	2,05	5,30	2,90	45,8	2,29	8,41	72,7	2,89	18,9	1,47	6,53	23	40	
75 × 75 × 8	75	8	9	8,99	11,4	2,14	5,30	3,02	59,1	2,27	11,0	93,8	2,86	24,5	1,46	8,09	23	40	
80 × 80 × 8	80	8	10	9,63	12,3	2,26	5,66	3,19	72,2	2,43	12,6	115	3,06	29,9	1,56	9,37	23	45	
80 × 80 × 10	80	10	10	11,9	15,1	2,34	5,66	3,30	87,5	2,41	15,4	139	3,03	36,4	1,55	11,0	23	45	
90 × 90 × 7	90	7	11	9,61	12,2	2,45	6,36	3,47	92,6	2,75	14,1	147	3,46	38,3	1,77	11,0	25	50	
90 × 90 × 8	90	8	11	10,9	13,9	2,50	6,36	3,53	104	2,74	16,1	166	3,45	43,1	1,76	12,2	25	50	
90 × 90 × 9	90	9	11	12,2	15,5	2,54	6,36	3,59	116	2,73	17,9	184	3,44	47,9	1,76	13,3	25	50	
90 × 90 × 10	90	10	11	13,4	17,1	2,58	6,36	3,65	127	2,72	19,8	201	3,42	52,6	1,75	14,4	25	50	
100 × 100 × 8	100	8	12	12,2	15,5	2,74	7,07	3,87	145	3,06	19,9	230	3,85	59,9	1,96	15,5	25	55	
100 × 100 × 10	100	10	12	15,0	19,2	2,82	7,07	3,99	177	3,04	24,6	280	3,83	73,0	1,95	18,3	25	55	
100 × 100 × 12	100	12	12	17,8	22,7	2,90	7,07	4,11	207	3,02	29,1	328	3,80	85,7	1,94	20,9	25	55	
120 × 120 × 10	120	10	13	18,2	23,2	3,31	8,49	4,69	313	3,67	36,0	497	4,63	129	2,36	27,5	25	50	80
120 × 120 × 12	120	12	13	21,6	27,5	3,40	8,49	4,80	368	3,65	42,7	584	4,60	152	2,35	31,6	25	50	80
130 × 130 × 12	130	12	14	23,6	30,0	3,64	9,19	5,15	472	3,97	50,4	750	5,00	194	2,54	37,7	25	50	90
150 × 150 × 10	150	10	16	23,0	29,3	4,03	10,6	5,71	624	4,62	56,9	990	5,82	258	2,97	45,1	28	60	105
150 × 150 × 12	150	12	16	27,3	34,8	4,12	10,6	5,83	737	4,60	67,7	1170	5,80	303	2,95	52,0	28	60	105
150 × 150 × 15	150	15	16	33,8	43,0	4,25	10,6	6,01	898	4,57	83,5	1430	5,76	370	2,93	61,6	28	60	105
160 × 160 × 15	160	15	17	36,2	46,1	4,49	11,3	6,35	1100	4,88	95,6	1750	6,15	453	3,14	71,3	28	60	115
180 × 180 × 16	180	16	18	43,5	55,4	5,02	12,7	7,11	1680	5,51	130	2690	6,96	679	3,50	95,5	28	60	135
180 × 180 × 18	180	18	18	48,6	61,9	5,10	12,7	7,22	1870	5,49	145	2960	6,92	768	3,52	106	28	60	135
200 × 200 × 16	200	16	18	48,5	61,8	5,52	14,1	7,81	2340	6,16	162	3720	7,76	960	3,94	123	28	65	150
200 × 200 × 18	200	18	18	54,3	69,1	5,60	14,1	7,92	2600	6,13	181	4150	7,75	1050	3,90	133	28	65	150
200 × 200 × 20	200	20	18	59,9	76,3	5,68	14,1	8,04	2850	6,11	199	4530	7,70	1170	3,92	146	28	65	150
200 × 200 × 24	200	24	18	71,1	90,6	5,84	14,1	8,26	3330	6,06	235	5280	7,64	1380	3,90	167	28	70	150
250 × 250 × 28	250	28	18	104	133	7,24	17,7	10,2	7700	7,62	433	12200	9,61	3170	4,89	309	28	75	200
250 × 250 × 35	250	35	18	128	163	7,50	17,7	10,6	9260	7,54	529	14700	9,48	3860	4,87	364	28	80	200

<sup>1)</sup> Dezelfde krasmaten kunnen gebruikt worden bij klinknagels en bouten met kleinere gatdiameters dan de hier aangegeven maximale waarden.

Tabel 1-9 Warmgewalst ongelijkzijdig hoekprofiel van staal volgens EN 10056-1



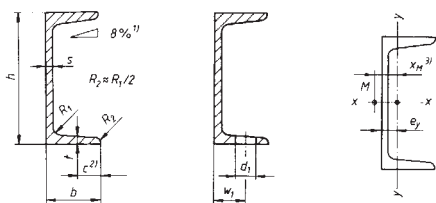
Aanduiding van een warmgewalst ongelijkzijdig hoekprofiel met beenlengte  $a = 100$  mm en  $b = 50$  mm, beendikte  $t = 8$  mm:  
L EN 10056-1-100 × 50 × 8

aanduiding	afmetingen				massa per meter $m'$ kg/m	doorsnede $A$ cm <sup>2</sup>	afstanden van de aslijnen				helling van de aslijn $v - v$ tan $\alpha$	statische waarden voor de neutrale as						gaten en krasmaten volgens DIN 997				
												$x - x$		$y - y$		$u - u$	$v - v$	1)		2)		
												$I_x$ cm <sup>4</sup>	$W_x$ cm <sup>3</sup>	$I_y$ cm <sup>4</sup>	$W_y$ cm <sup>3</sup>	$I_u$ cm <sup>4</sup>	$I_v$ cm <sup>4</sup>	$d_{1max}$ mm	$d_{2max}$ mm	$w_1$ mm	$w_2$ mm	$w_3$ mm
30 × 20 × 3	30	20	3	4	1,12	1,43	0,990	0,502	2,05	1,04	0,427	1,25	0,621	0,437	0,292	1,43	0,256	8,4	4,3	17	12	
30 × 20 × 4	30	20	4	4	1,46	1,86	1,03	0,541	2,02	1,04	0,421	1,59	0,807	0,553	0,379	1,81	0,330	8,4	4,3	17	12	
40 × 20 × 4	40	20	4	4	1,77	2,26	1,47	0,48	2,58	1,17	0,252	3,59	1,42	0,600	0,393	3,80	0,393	11	4,3	22	12	
40 × 25 × 4	40	25	4	4	1,93	2,46	1,36	0,623	2,69	1,35	0,380	3,89	1,47	1,16	0,619	4,35	0,700	11	6,4	22	15	
45 × 30 × 4	45	30	4	4,5	2,25	2,87	1,48	0,74	3,07	1,58	0,436	5,78	1,91	2,05	0,91	6,65	1,18	13	8,4	25	17	
50 × 30 × 5	50	30	5	5	2,96	3,78	1,73	0,741	3,33	1,65	0,352	9,36	2,86	2,51	1,11	10,3	1,54	13	8,4	30	17	
60 × 30 × 5	60	30	5	5	3,36	4,28	2,17	0,684	3,88	1,77	0,257	15,6	4,07	2,63	1,14	16,5	1,71	17	8,4	35	17	
60 × 40 × 5	60	40	5	6	3,76	4,79	1,96	0,972	4,10	2,11	0,434	17,2	4,25	6,11	2,02	19,7	3,54	17	11	35	22	
60 × 40 × 6	60	40	6	6	4,46	5,68	2,00	1,01	4,08	2,10	0,431	20,1	5,03	7,12	2,38	23,1	4,16	17	11	35	22	
65 × 50 × 5	65	50	5	6	4,35	5,54	1,99	1,25	4,53	2,39	0,577	23,2	5,14	11,9	3,19	28,8	6,32	21	13	35	30	
70 × 50 × 6	70	50	6	7	5,41	6,89	2,23	1,25	4,83	2,52	0,500	33,4	7,01	14,2	3,78	39,7	7,92	21	13	40	30	
75 × 50 × 6	75	50	6	7	5,65	7,19	2,44	1,21	5,12	2,64	0,435	40,5	8,01	14,4	3,81	46,6	8,36	23	13	40	30	
75 × 50 × 8	75	50	8	7	7,39	9,41	2,52	1,29	5,08	2,62	0,430	52,0	10,4	18,4	4,95	59,6	10,8	23	13	40	30	
80 × 40 × 6	80	40	6	7	5,41	6,89	2,85	0,884	5,20	2,38	0,258	44,9	8,73	7,59	2,44	47,6	4,93	23	11	45	22	
80 × 40 × 8	80	40	8	7	7,07	9,01	2,94	0,963	5,14	2,34	0,253	57,6	11,4	9,61	3,16	60,9	6,34	23	11	45	22	
80 × 60 × 7	80	60	7	8	7,36	9,38	2,51	1,52	5,55	2,92	0,546	59,0	10,7	28,4	6,34	72,0	15,4	23	17	45	35	
100 × 50 × 6	100	50	6	8	6,84	8,71	3,51	1,05	6,55	3,00	0,262	89,9	13,8	15,4	3,89	95,4	9,92	25	13	55	30	
100 × 50 × 8	100	50	8	8	8,97	11,4	3,60	1,13	6,48	2,96	0,258	116	18,2	19,7	5,08	123	12,8	25	13	55	30	
100 × 65 × 7	100	65	7	10	8,77	11,2	3,23	1,51	6,83	3,49	0,415	113	16,6	37,6	7,53	128	22,0	25	21	55	35	
100 × 65 × 8	100	65	8	10	9,94	12,7	3,27	1,55	6,81	3,47	0,413	127	18,9	42,2	8,54	144	24,8	25	21	55	35	
100 × 65 × 10	100	65	10	10	12,3	15,6	3,36	1,63	6,76	3,45	0,410	154	23,2	51,0	10,5	175	30,1	25	21	55	35	
100 × 75 × 8	100	75	8	10	10,6	13,5	3,10	1,87	6,95	3,65	0,547	133	19,3	64,1	11,4	162	34,6	25	23	55	40	
100 × 75 × 10	100	75	10	10	13,0	16,6	3,19	1,95	6,92	3,65	0,544	162	23,8	77,6	14,0	197	42,2	25	23	55	40	
100 × 75 × 12	100	75	12	10	15,4	19,7	3,27	2,03	6,89	3,65	0,540	189	28,0	90,2	16,5	230	49,5	25	23	55	40	
120 × 80 × 8	120	80	8	11	12,2	15,5	3,83	1,87	8,23	4,23	0,437	226	27,6	80,8	13,2	260	46,6	25	23	50	80	
120 × 80 × 10	120	80	10	11	15,0	19,1	3,92	1,95	8,19	4,21	0,435	276	34,1	98,1	16,2	317	58,8	25	23	50	80	
120 × 80 × 12	120	80	12	11	17,8	22,7	4,00	2,03	8,15	4,20	0,431	323	40,4	114	19,1	371	66,7	25	23	50	80	
125 × 75 × 8	125	75	8	11	12,2	15,5	4,14	1,68	8,44	4,20	0,360	247	29,6	67,6	11,6	274	40,9	25	23	50	85	
125 × 75 × 10	125	75	10	11	15,0	19,1	4,23	1,76	8,39	4,17	0,357	302	36,5	82,1	14,3	334	49,9	25	23	50	85	
125 × 75 × 12	125	75	12	11	17,8	22,7	4,31	1,84	8,33	4,15	0,354	354	43,2	95,5	16,9	391	58,5	25	23	50	85	
135 × 65 × 8	135	65	8	11	12,2	15,5	4,78	1,34	8,79	3,95	0,245	291	33,4	45,2	8,75	307	29,4	25	21	50	85	
135 × 65 × 10	135	65	10	11	15,0	19,1	4,88	1,42	8,72	3,91	0,243	356	41,3	54,7	10,8	375	35,9	25	21	50	85	
150 × 75 × 9	150	75	9	12	15,4	19,6	5,26	1,57	9,82	4,50	0,261	455	46,7	77,9	13,1	483	50,2	28	23	60	105	
150 × 75 × 10	150	75	10	12	17,0	21,7	5,31	1,61	9,79	4,48	0,261	501	51,6	85,6	14,5	531	55,1	28	23	60	105	
150 × 75 × 12	150	75	12	12	20,2	25,7	5,40	1,69	9,72	4,44	0,258	588	61,3	99,6	17,1	623	64,7	28	23	60	105	
150 × 75 × 15	150	75	15	12	24,8	31,7	5,52	1,81	9,63	4,40	0,253	713	75,2	119	21,0	753	78,6	28	23	60	105	
150 × 90 × 10	150	90	10	12	18,2	28,2	5,00	2,04	10,1	5,03	0,360	533	53,3	146	21,0	591	88,3	28	25	60	105	
150 × 90 × 12	150	90	12	12	21,6	27,5	5,08	2,12	10,1	5,00	0,358	627	63,3	171	24,8	694	104	28	25	60	105	
150 × 90 × 15	150	90	15	12	26,6	33,9	5,21	2,23	9,98	4,98	0,354	761	77,7	205	30,4	841	126	28	25	60	105	
150 × 100 × 10	150	100	10	12	19,0	24,2	4,81	2,34	10,3	5,29	0,438	553	54,2	199	25,9	637	114	28	25	60	105	
150 × 100 × 12	150	100	12	12	22,5	28,7	4,89	2,42	10,2	5,28	0,436	651	64,4	233	30,7	749	134	28	25	60	105	
200 × 100 × 10	200	100	10	15	23,0	29,2	6,93	2,01	13,2	6,05	0,263	1220	93,2	210	26,3	1290	135	28	25	60	150	
200 × 100 × 12	200	100	12	15	27,3	34,8	7,03	2,10	13,1	6,00	0,262	1440	111	247	31,3	1530	159	28	25	60	150	
200 × 100 × 15	200	100	15	15	33,75	43,0	7,16	2,22	13,0	5,84	0,260	1758	137	299	38,5	1864	193	28	25	60	150	
200 × 150 × 12	200	150	12	15	32,0	40,8	6,08	3,61	13,9	7,34	0,552	1650	119	803	70,5	2030	430	28	28	60	150	
200 × 150 × 15	200	150	15	15	39,6	50,5	6,21	3,73	13,9	7,33	0,551	2022	147	979	86,9	2476	526	28	28	60	150	

1) traagheidsstraal  $i = \sqrt{\frac{I}{A}}$ .

2) Dezelfde krasmaten kunnen gebruikt worden bij klinknagels en bouten met kleinere gatdiameters dan de hier aangegeven maximale waarden.

**Tabel 1-10** Warmgewalst U-profielstaal met hellende flensvlakken volgens DIN 1026-1



**Aanduiding** van een warmgewalst U-staal met hoogte  $h = 200$  mm van S235JR (materiaalnummer 1.0038):

U-profiel DIN 1026–U200–S235JR  
of U-profiel DIN 1026–U200–1.0038

**Bestelvoorbeeld:** 10 t warmgewalst U-staal met bovengenoemde norm-aanduiding, in vaste lengtes van 5500 mm:

10 t U-profiel DIN 1026–U200 × 5500–S235JR

**Handelslengtes:** 3 tot 15 m

symbool U	maten voor				door- sneede $A$ cm <sup>2</sup>	massa per meter $m'$ kg/m	voor de buigingsas						afstand van de as $y - y$ $e_y$ cm	$x_M$ <sup>3)</sup> cm	flensgaten vol- gens DIN 997	
	$h$	$b$	$s$	$t = R_1$			$x - x$			$y - y$					$d_1$ <sup>4)5)6)</sup> max mm	$w_1$ mm
	mm	mm	mm	mm			$I_x$ cm <sup>4</sup>	$W_x$ cm <sup>3</sup>	$i_x$ cm	$I_y$ cm <sup>4</sup>	$W_y$ cm <sup>3</sup>	$i_y$ cm				
30 × 15	30	15	4	4,5	2,21	1,74	2,53	1,69	1,07	0,38	0,39	0,42	0,52	0,74	4,3	10
30	30	33	5	7	5,44	4,27	6,39	4,26	1,08	5,33	2,68	0,99	1,31	2,22	8,4	20
40 × 20	40	20	5	5,5	3,66	2,87	7,58	3,79	1,44	1,14	0,86	0,56	0,67	1,01	6,4	11
40	40	35	5	7	6,21	4,87	14,1	7,05	1,50	6,68	3,08	1,04	1,33	2,32	8,4	20
50 × 25	50	25	5	6	4,92	3,86	16,8	6,73	1,85	2,49	1,48	0,71	0,81	1,34	8,4	16
50	50	38	5	7	7,12	5,59	26,4	10,6	1,92	9,12	3,75	1,13	1,37	2,47	11	20
60	60	30	6	6	6,46	5,07	31,6	10,5	2,21	4,51	2,16	0,84	0,91	1,50	8,4	18
65	65	42	5,5	7,5	9,03	7,09	57,5	17,7	2,52	14,1	5,07	1,25	1,42	2,60	11	25
80	80	45	6	8	11,0	8,64	106	26,5	3,10	19,4	6,36	1,33	1,45	2,67	13	25
100	100	50	6	8,5	13,5	10,6	206	41,2	3,91	29,3	8,49	1,47	1,55	2,93	13	30
120	120	55	7	9	17,0	13,4	364	60,7	4,62	43,2	11,1	1,59	1,60	3,03	17	30
140	140	60	7	10	20,4	16,0	605	86,4	5,45	62,7	14,8	1,75	1,75	3,37	17	35
160	160	65	7,5	10,5	24,0	18,8	925	116	6,21	85,3	18,3	1,89	1,84	3,56	21	35
180	180	70	8	11	28,0	22,0	1350	150	6,95	114	22,4	2,02	1,92	3,75	21	40
200	200	75	8,5	11,5	32,2	25,3	1910	191	7,70	148	27,0	2,14	2,01	3,94	23	40
220	220	80	9	12,5	37,4	29,4	2690	245	8,48	197	33,6	2,30	2,14	4,20	23	45
240	240	85	9,5	13	42,3	33,2	3600	300	9,22	248	29,6	2,42	2,23	4,39	25	45
260	260	90	10	14	48,3	37,9	4820	371	9,99	317	47,7	2,56	2,36	4,66	25	50
280	280	95	10	15	53,3	41,8	6280	448	10,9	399	57,2	2,74	2,53	5,02	25	50
300	300	100	10	16	58,8	46,2	8030	535	11,7	495	67,8	2,90	2,70	5,41	28	55
320	320	100	14	17,5	75,8	59,5	10870	679	12,1	597	80,6	2,81	2,60	4,82	28	58
350	350	100	14	16	77,3	60,6	12840	734	12,9	570	75,0	2,72	2,40	4,45	28	58
380	380	102	13,5	16	80,4	63,1	15760	829	14,0	615	78,7	2,77	2,38	4,58	28	60
400	400	110	14	18	91,5	71,8	20350	1020	14,9	846	102	3,04	2,65	5,11	28	60

1)  $h > 300$  mm: 5 %.

2)  $h \leq 300$  mm:  $c = 0,5b$ ,  $h > 300$  mm:  $c = 0,5(b - s)$ .

3)  $x_M$  = afstand van het schuifspanningsmiddelpunt  $M$  van de  $y$ - $y$ -as.

4) Voor hoogvaste bouten (DIN 6914 en DIN 7999) geldt bij U120, U160, U200 en U240 de eerstvolgende kleinere gatdiameter.

5) In afwijking hiervan gelden volgens DIN 101 voor klinkverbindingen de volgende gatdiameters  $d_1$ : 4,2 6,3 10,5

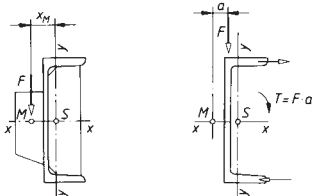
6) Voor klinknagels en bouten met kleinere dan de hier aangegeven maximale diameters kunnen dezelfde krasmaten toegepast worden..

*Let op:* bij de loodrechte belasting van een UNP-balk (asymmetrisch profiel) geldt de spanningsvergelijking  $\sigma = M/W$  alleen wanneer

a) de werklijn van de belasting  $F$  door het schuifspanningsmiddelpunt  $M$  gaat,

b) twee U-profielen  $\sqcap$  of  $\sqsubset$  met dwarsverbinding tot een symmetrisch draagprofiel samengesteld worden.

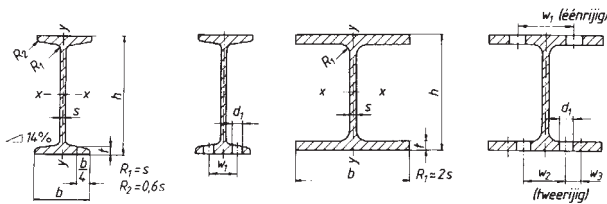
Gaat bij een afzonderlijk U-profiel de belasting niet door  $M$ , dan buigen de flenzen zijdelings uit (zie figuur) en treden extra buig- en torsiespanningen op.



juist krachtaan-  
grijpingspunt: in  $M$

ongunsige  
krachtaangrijping

UNP-profielen moeten in het schuifspanningsmiddelpunt  $M$  en, als dat niet mogelijk is, in het lijfvlak worden belast.

**Tabel 1-11** Warmgewalste I-balken volgens DIN 1025 (zie ook NEN EN 10 034) (selectie)


smalle I-balken met  
schuine inwendige flens-  
vlakken (I-reeks) volgens  
DIN 1025-1

brede I-balken met evenwijdige  
flensvlakken (IPB-reeks)  
DIN 1025-2

**Aanduiding** van een warmgewalste smalle I-balk met  
hoogte  $h = 200$  mm van S235JR (materiaalnummer  
1.0038):

I-profiel DIN 1025–S235JR–I200  
of I-profiel DIN 1025–1.0038–I200

**Bestelvoorbeeld:** 10 t warmgewalste I-balk met evenwijdige  
flensvlakken (IPB) met hoogte  $h = 200$  mm van  
S235JR in nauwkeurige lengtes van 5000 mm met een  
gewenste toelaatbare lengte-afwijking van  $\pm 10$  mm:

10 t I-profiel DIN 1025–S235JR–  
IPB 200  $\times$  5000  $\pm$  10

symbool	maten voor				door- snede $A$ cm <sup>2</sup>	massa per meter $m'$ kg/m	voor de buigingsas						flensgaten volgens DIN 997		
	$h$ mm	$b$ mm	$s$ mm	$t$ mm			$I_x$ cm <sup>4</sup>	$x-x$ $W_x$ cm <sup>3</sup>	$i_x$ cm	$I_y$ cm <sup>4</sup>	$y-y$ $W_y$ cm <sup>3</sup>	$i_y$ cm	$d_1$ <sup>1)2)3)</sup> max mm	$w_1$ mm	$w_2$ mm
<b>I</b>	smalle I-balken (I-reeks) volgens DIN 1025-1														
80	80	42	3,9	5,9	7,57	5,94	77,8	19,5	3,20	6,29	3,00	0,91	6,4	22	—
100	100	50	4,5	6,8	10,6	8,34	171	34,2	4,01	12,2	4,88	1,07	6,4	28	—
120	120	58	5,1	7,7	14,2	11,1	328	54,7	4,81	21,5	7,41	1,23	8,4	32	—
140	140	66	5,7	8,6	18,2	14,3	573	81,9	5,61	35,2	10,7	1,40	11	34	—
160	160	74	6,3	9,5	22,8	17,9	935	117	6,40	54,7	14,8	1,55	11	40	—
180	180	82	6,9	10,4	27,9	21,9	1450	161	7,20	81,3	19,8	1,71	13	44	—
200	200	90	7,5	11,3	33,4	26,2	2140	214	8,00	117	26,0	1,87	13	48	—
220	220	98	8,1	12,2	39,5	31,1	3060	278	8,80	162	33,1	2,02	13	52	—
240	240	106	8,7	13,1	46,1	36,2	4250	354	9,59	221	41,7	2,20	17 (13)	56	—
260	260	113	9,4	14,1	53,3	41,9	5740	442	10,4	288	51,0	2,32	17	60	—
280	280	119	10,1	15,2	61,0	47,9	7590	542	11,1	364	61,2	2,45	17	60	—
300	300	125	10,8	16,2	69,0	54,2	9800	653	11,9	451	72,2	2,56	21 (17)	64	—
320	320	131	11,5	17,3	77,7	61,0	12510	782	12,7	555	84,7	2,67	21 (17)	70	—
340	340	137	12,2	18,3	86,7	68,0	15700	923	13,5	674	98,4	2,80	21	74	—
360	360	143	13,0	19,5	97,0	76,1	19610	1090	14,2	818	114	2,9	23 (21)	76	—
380	380	149	13,7	20,5	107	84,0	24010	1260	15,0	975	131	3,02	23 (21)	82	—
400	400	155	14,4	21,6	118	92,4	29210	1460	15,7	1160	149	3,13	23	86	—
450	450	170	16,2	24,3	147	115	45850	2040	17,7	1730	203	3,43	25 (23)	94	—
500	500	185	18,0	27,0	179	141	68740	2750	19,6	2480	268	3,72	28	100	—
550	550	200	19,0	30,0	212	166	99180	3610	21,6	3490	349	4,02	28	110	—
<b>IPB</b>	brede I-balken (IPB-reeks) volgens DIN 1025-2														
100	100	100	6	10	26,0	20,4	450	89,9	4,16	167	33,5	2,53	13	56	—
120	120	120	6,5	11	34,0	26,7	864	144	5,04	318	52,9	3,06	17	66	—
140	140	140	7	12	43,0	33,7	1510	216	5,93	550	78,5	3,58	21	76	—
160	160	160	8	13	54,3	42,6	2490	311	6,78	889	111	4,05	23	86	—
180	180	180	8,5	14	65,3	51,2	3830	426	7,66	1360	151	4,57	25	100	—
200	200	200	9	15	78,1	61,3	5700	570	8,54	2000	200	5,07	25	110	—
220	220	220	9,5	16	91,0	71,5	8090	736	9,43	2840	258	5,59	25	120	—
240	240	240	10	17	106	83,2	11260	938	10,3	3920	327	6,08	25	96	35
260	260	260	10	17,5	118	93,0	14920	1150	11,2	5130	395	6,58	25	106	40
280	280	280	10,5	18	131	103	19270	1380	12,1	6590	471	7,09	25	110	45
300	300	300	11	19	149	117	25170	1680	13,0	8560	571	7,58	28	120	45
320	320	300	11,5	20,5	161	127	30820	1930	13,8	9240	616	7,57	28	120	45
340	340	300	12	21,5	171	134	36660	2160	14,6	9690	646	7,53	28	120	45
360	360	300	12,5	22,5	181	142	43190	2400	15,5	10140	676	7,49	28	120	45
400	400	300	13,5	24	198	155	57680	2880	17,1	10820	721	7,40	28	120	45
450	450	300	14	26	218	171	79890	3550	19,1	11720	781	7,33	28	120	45
500	500	300	14,5	28	239	187	107200	4290	21,2	12620	842	7,27	28	120	45
550	550	300	15	29	254	199	136700	4970	23,2	13080	872	7,17	28	120	45
600	600	300	15,5	30	270	212	171000	5700	25,2	13530	902	7,08	28	120	45

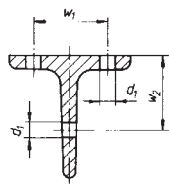
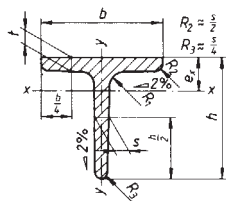
1) Waarden tussen ( ) gelden voor hoogwaardige bouten (NEN EN 14399-4 en DIN 7999).

2) In afwijking hiervan gelden volgens DIN 101 voor klinkverbindingen de volgende gatdiameters  $d_1$ : 6,3 10,5.

3) Voor klinknagels en bouten met kleinere dan de hier aangegeven maximale diameters kunnen dezelfde krasmaten worden toegepast.



**Tabel 1-12** Warmgewalst gelijkbenig T-staal met afgeronde kanten en overgangen volgens NEN EN 10055



**Aanduiding** van een T-profiel met hoogte 80 mm van S235JR volgens NEN EN 10025:

T-profiel EN 10055–T80  
staal EN 10025–S235JR

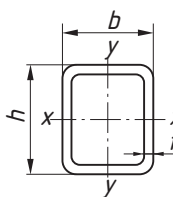
symbool T	maten voor		doorsnede A cm <sup>2</sup>	massa per meter m' kg/m	e <sub>x</sub> cm	voor de buigingsas						krasmaten volgens DIN 997		
	b = h	s = t = R <sub>1</sub>				x - x			y - y			d <sub>1</sub> <sup>1)2)</sup> max.	w <sub>1</sub>	w <sub>2</sub>
	mm	mm				I <sub>x</sub> cm <sup>4</sup>	W <sub>x</sub> cm <sup>3</sup>	i <sub>x</sub> cm	I <sub>y</sub> cm <sup>4</sup>	W <sub>y</sub> cm <sup>3</sup>	i <sub>y</sub> cm	mm	mm	mm
30	30	4	2,26	1,77	0,85	1,72	0,80	0,87	0,87	0,58	0,62	4,3	17	17
35	35	4,5	2,97	2,33	0,99	3,10	1,23	1,04	1,57	0,90	0,73	4,3	19	19
40	40	5	3,77	2,96	1,12	5,28	1,84	1,18	2,58	1,29	0,83	6,4	21	22
50	50	6	5,66	4,44	1,39	12,1	3,36	1,46	6,60	2,42	1,03	6,4	30	30
60	60	7	7,94	6,23	1,66	23,8	5,48	1,73	12,2	4,07	1,24	8,4	34	35
70	70	8	10,6	8,32	1,94	44,5	8,79	2,05	22,1	6,32	1,44	11	38	40
80	80	9	13,6	10,7	2,22	73,7	12,8	2,33	37,0	9,25	1,65	11	45	45
100	100	11	20,9	16,4	2,74	179	24,6	2,92	88,3	17,7	2,05	13	60	60
120	120	13	29,6	23,2	3,28	366	42,0	3,51	178	29,7	2,45	17	70	70
140	140	15	39,9	31,3	3,80	660	64,7	4,07	330	47,2	2,88	21	80	75

<sup>1)</sup> In afwijking hiervan gelden volgens DIN 101 voor klinkverbindingen de volgende gatdiameters d<sub>1</sub>: 4,2 6,3 10,5.

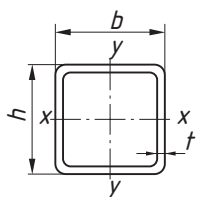
<sup>2)</sup> Voor klinknagels en bouten met kleinere dan de hier aangegeven maximale diameters kunnen dezelfde krasmaten toegepast worden.

**Tabel 1-13** Holle profielen, buizen

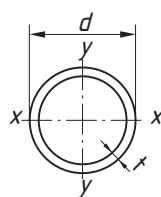
a) Warmgevormde holle profielen voor de staalbouw van ongelegeerd en fijnkorrelig constructiestaal volgens NEN EN 10210-2 (standaard maten)



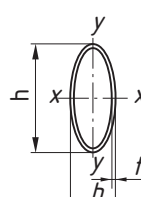
rechthoekige holle profielen



vierkante holle profielen



ronde holle profielen



elliptische holle profielen

nominale maat		wanddikte <sup>2)</sup>	doorsnede A cm <sup>2</sup>	massa per meter m' kg/m	oppervlakte- traagheidsmoment		weerstandsmoment		traagheidsstraal		torsie <sup>3)</sup>	
h mm	b mm	t mm			I <sub>x</sub> cm <sup>4</sup>	I <sub>y</sub> cm <sup>4</sup>	W <sub>x</sub> cm <sup>3</sup>	W <sub>y</sub> cm <sup>3</sup>	i <sub>x</sub> cm	i <sub>y</sub> cm	I <sub>t</sub> cm <sup>4</sup>	W <sub>t</sub> cm <sup>3</sup>
<b>holle profielen met rechthoekige doorsnede (selectie)</b>												
50	30	2,6 (3,2 4,0 5,0)	3,82	3,00	12,2	5,38	4,87	3,58	1,79	1,19	12,1	5,90
60	40	2,6 (3,2 4,0 5,0 6,3)	4,86	3,81	23,6	12,4	7,86	6,22	2,20	1,60	25,9	10,04
80	40	3,2 (4,0 5,0 6,3 8,0)	7,16	5,62	57,2	18,9	14,3	9,5	2,83	1,63	46,2	16,08
90	50	3,2 (4,0 5,0 6,3 8,0)	8,44	6,63	89,1	35,3	19,8	14,1	3,25	2,04	80,9	23,58
100	50	3,2 (4,0 5,0 6,3 8,0)	9,08	7,13	116	38,8	23,2	15,5	3,57	2,07	93,4	26,38
100	60	3,2 (4,0 5,0 6,3 8,0)	9,72	7,63	131	58,8	26,2	19,6	3,67	2,46	129	32,36
120	60	4,0 (5,0 6,3 8,0 10,0)	13,6	10,7	249	83,1	41,5	27,7	4,28	2,47	201	47,10
120	80	4,0 (5,0 6,3 8,0 10,0)	15,2	11,9	303	161	50,4	40,2	4,46	3,25	330	64,98
140	80	4,0 (5,0 6,3 8,0 10,0)	16,8	13,2	441	184	62,9	46,0	5,12	3,31	411	77
150	100	4,0 (5,0 6,3 8,0 10,0 12,5)	19,2	15,1	607	324	81,0	64,8	5,63	4,11	660	105
160	80	4,0 (5,0 6,3 8,0 10,0 12,5)	18,4	14,4	612	207	76,5	51,7	5,77	3,35	493	88
180	100	4,0 (5,0 6,3 8,0 10,0 12,5)	21,6	16,9	945	379	105	75,9	6,61	4,19	852	127
200	100	4,0 (5,0 6,3 8,0 10,0 12,5 16,0)	23,2	18,2	1223	416	122	83	7,26	4,24	983	142

Tabel 1-13 Vervolg

nominale maat		wanddikte <sup>2)</sup>	doorsnede	massa per meter	oppervlakte-traagheidsmoment		weerstandsmoment		traagheidsstraal		torsie <sup>3)</sup>	
<i>h</i>	<i>b</i>	<i>t</i>	<i>A</i>	<i>m'</i>	<i>I<sub>x</sub></i>	<i>I<sub>y</sub></i>	<i>W<sub>x</sub></i>	<i>W<sub>y</sub></i>	<i>i<sub>x</sub></i>	<i>i<sub>y</sub></i>	<i>I<sub>t</sub></i>	<i>W<sub>t</sub></i>
mm	mm	mm	cm <sup>2</sup>	kg/m	cm <sup>4</sup>	cm <sup>4</sup>	cm <sup>3</sup>	cm <sup>3</sup>	cm	cm	cm <sup>4</sup>	cm <sup>3</sup>
<b>holle profielen met rechthoekige doorsnede (selectie)</b>												
200	120	6,3 (8,0 10,0 12,5)	38,3	30,1	2065	929	207	155	7,34	4,92	2028	255
250	150	6,3 (8,0 10,0 12,5 14,2 16,0)	48,4	38,0	4143	1874	331	250	9,25	6,22	4054	413
260	180	6,3 (8,0 10,0 12,5 14,2 16,0)	53,4	41,9	5166	2929	397	325	9,83	7,40	5810	524
300	200	6,3 (8,0 10,0 12,5 14,2 16,0)	61,0	47,9	7829	4193	522	419	11,3	8,29	8476	681
350	250	6,3 (8,0 10,0 12,5 14,2 16,0)	73,6	57,8	13200	7885	754	631	13,4	10,4	15220	1011

nominale maat	wanddikte <sup>2)</sup>	doorsnede	massa per meter	oppervlakte-traagheidsmoment	weerstandsmoment	traagheidsstraal	torsie <sup>3)</sup>	
mm	<i>t</i>	<i>A</i>	<i>m'</i>	<i>I</i>	<i>W</i>	<i>i</i>	<i>I<sub>t</sub></i>	<i>W<sub>t</sub></i>
	mm	cm	kg/m	cm <sup>4</sup>	cm <sup>2</sup>	cm	cm <sup>4</sup>	cm <sup>3</sup>
<b>b</b>								
<b>holle profielen met vierkante doorsnede (selectie)</b>								
40	2,6 (3,2 4,0 5,0)	3,82	3,00	8,8	4,4	1,52	14,0	6,41
50	2,6 (3,2 4,0 5,0 6,3)	4,86	3,81	18,0	7,21	1,93	28,4	10,6
60	2,6 (3,2 4,0 5,0 6,3 8,0)	5,90	4,63	32,2	10,7	2,34	50,2	15,7
70	3,2 (4,0 5,0 6,3 8,0)	8,4	6,63	62,3	17,8	2,72	97,6	26,1
80	3,2 (4,0 5,0 6,3 8,0)	9,72	7,63	95	23,7	3,13	148	34,9
90	4,0 (5,0 6,3 8,0)	13,6	10,7	166	37,0	3,50	260	54,2
100	4,0 (5,0 6,3 8,0 10,0)	15,2	11,9	232	46,4	3,91	361	68,2
120	5,0 (6,3 8,0 10,0 12,5)	22,7	17,8	498	83,0	4,68	777	122
140	5,0 (6,3 8,0 10,0 12,5)	26,7	21,0	807	115	5,50	1253	170
150	5,0 (6,3 8,0 10,0 12,5 14,2 16,0)	28,7	22,6	1002	134	5,90	1550	197
160	5,0 (6,3 8,0 10,0 12,5 14,2 16,0)	30,7	24,1	1225	153	6,31	1892	226
180	5,0 (6,3 8,0 10,0 12,5 14,2 16,0)	34,7	27,3	1765	196	7,13	2718	290
200	5,0 (6,3 8,0 10,0 12,5 14,2 16,0)	38,7	30,4	2445	245	7,95	3756	362
220	6,3 (8,0 10,0 12,5 14,2 16,0)	53,4	41,9	4049	368	8,71	6240	544
250	6,3 (8,0 10,0 12,5 14,2 16,0)	61,0	47,9	6014	481	9,93	9238	712
260	6,3 (8,0 10,0 12,5 14,2 16,0)	63,5	49,9	6788	522	10,3	10420	773
300	6,3 (8,0 10,0 12,5 14,2 16,0)	74,0	57,8	10550	703	12,0	16140	1043
350	8,0 (10,0 12,5 14,2 16,0)	109	85,4	21130	1207	13,9	32380	1789
400	10,0 (12,5 14,2 16,0 20,0)	155	122	39130	1956	15,9	60090	2895
<b>d</b>								
<b>holle profielen met cirkelvormige doorsnede (selectie)</b>								
21,3	2,3 (2,6 3,2)	1,37	1,08	0,629	0,590	0,67-7	1,26	1,18
26,9	2,3 (2,6 3,2)	1,78	1,40	1,36	1,01	0,87-4	2,71	2,02
33,7	2,6 (3,2 4,0)	2,54	1,99	3,09	1,84	1,10	6,19	3,67
42,4	2,6 (3,2 4,0)	3,25	2,55	6,46	3,05	1,41	12,9	6,10
48,3	2,6 (3,2 4,0 5,0)	3,73	2,93	9,78	4,05	1,62	19,6	8,10
60,3	2,6 (3,2 4,0 5,0)	4,71	3,70	19,7	6,52	2,04	39,3	13,0
76,1	2,6 (3,2 4,0 5,0)	6,00	4,71	40,6	10,7	2,60	81,2	21,3
88,9	3,2 (4,0 5,0 6,0 6,3)	8,62	6,76	79,2	17,8	3,03	158	35,6
101,6	3,2 (4,0 5,0 6,0 6,3 8,0 10,0)	9,89	7,77	120	23,6	3,48	240	47,2
114,3	3,2 (4,0 5,0 6,0 6,3 8,0 10,0)	11,2	8,77	172	30,2	3,93	345	60,4
139,7	4,0 (5,0 6,0 6,3 8,0 10,0 12,0 12,5)	17,1	13,4	393	56,2	4,80	786	112
168,3	4,0 (5,0 6,3 8,0 10,0 12,5)	20,6	16,2	697	82,8	5,81	1394	166
177,8	5,0 (6,3 8,0 10,0 12,5)	27,1	21,3	1014	114	6,11	2028	228
193,7	5,0 (6,3 8,0 10,0 12,5 14,2 16,0)	29,6	23,3	1320	136	6,67	2640	273
219,1	5,0 (6,3 8,0 10,0 12,5 14,2 16,0 20,0)	33,6	26,4	1928	176	7,57	3856	352
244,5	5,0 (6,3 8,0 10,0 12,5 14,2 16,0 20,0 25,0)	37,6	29,5	2699	221	8,47	5397	441
273,0	5,0 (6,3 8,0 10,0 12,5 14,2 16,0 20,0 25,0)	42,1	33,0	3781	277	9,48	7562	554
323,9	5,0 (6,3 8,0 10,0 12,5 14,2 16,0 20,0 25,0)	50,1	39,3	6369	393	11,3	12740	787
355,6	6,3 (8,0 10,0 12,5 14,2 16,0 20,0 25,0)	69,1	54,3	10550	593	12,4	21090	1186
406,4	6,3 (8,0 10,0 12,5 14,2 16,0 20,0 25,0 30,0 40,0)	79,2	62,2	15850	780	14,1	31700	1560
457,0	6,3 (8,0 10,0 12,5 14,2 16,0 20,0 25,0 30,0 40,0)	89,2	70,0	22650	991	15,9	45310	1983
508,0	6,3 (8,0 10,0 12,5 14,2 16,0 20,0 25,0 30,0 40,0 50,0)	99,3	77,9	31250	1230	17,7	62490	2460
610,0	6,3 (8,0 10,0 12,5 14,2 16,0 20,0 25,0 30,0 40,0 50,0)	119	93,8	54440	1785	21,3	108900	3570

1) Voor maten (120 × 60 tot 500 × 250) en statische waarden, zie het normblad

2) Statische waarden voor de kleinste wanddikte. Overige wanddiktes tussen ( ).

3)  $I_t$  = torsietraagheidsmoment (torsietraagheidsconstante, polair traagheidsmoment bij buizen)  
 $W_t$  = torsieweerstandsmoment (constante van de torsiemodulus)

**Tabel 1-13** Vervolg**Lengtesoort**

Handelslengte: 4000 tot 16000 mm met een lengteverschil van ten hoogste 2000 mm per orderregel. 10 % van de geleverde profielen mag liggen onder de minimale lengte die voor de bestelde producten geldt maar tegelijkertijd niet korter zijn dan 75 % ervan.

Vaste lengte: 4000 tot 16000 mm, grensmaatafwijking  $\pm 500$  mm

De overige lengtes bedragen 6 tot 12 m

Exacte lengte:  $2000 \text{ mm} \leq L \leq 6000 \text{ mm}$ , grensmaatafwijking  $+ 10/0$  mm

$L \geq 6000$  mm, grensmaatafwijkingen  $+ 15/0$  mm

**Materiaal**

Ongeleerd constructiestaal: S235JRH, S275JOH, S275J2H, S355JOH, S355J2H.

Fijnkorrelig constructiestaal: S275NLH, S275NLH, S355NH, S355NLH, S460NH, S460NLH.

**Bestelvoorbeeld**

400 m warmgevormde rechthoekige holle profielen in de afmeting 140 mm  $\times$  80 mm en een wanddikte van 6 mm volgens DIN EN 10210, vervaardigd van de staalsoort S355JOH (JO: minimale waarde van de kerfslagarbeid 27J bij 0 °C, H: hol profiel), geleverd in handelslengtes met een keuringscertificaat 3.1.B volgens EN 10204:

400 m profielen – HFRHF – 140  $\times$  80  $\times$  6 – EN 10210 – S355JOH – handelslengte – EN 10204 – 3.1.B

b) Naadloze en gelaste stalen buizen voor algemene toepassingen volgens NEN EN 10220.

Er zijn voorkeursmaten voor de buitendiameter en wanddikte vastgelegd. Materiaal, grensmaatafwijkingen, etc. zijn te vinden in de toepassingsnormen.

De indeling van de buizen vindt plaats in drie verschillende reeksen buitendiameters en geprefereerde wanddiktes. Aanbevolen wordt om voor buizen die bestemd zijn als onderdeel van pijpleidingsystemen, een buitendiameter van reeks 1 te kiezen.

**Reeks 1: buitendiameters waarvoor alle appendages genormaliseerd zijn.**

Buitendiameters en wanddiktes van ... tot (in mm):

**10,2:** 0,5 ... 2,6; **13,5:** 0,5 ... 3,6; **17,2:** 0,5 ... 4,5; **21,3:** 0,5 ... 5,4; **26,9:** 0,5 ... 8; **33,7:** 0,5 ... 8,8; **42,4:** 0,5 ... 10; **48,3:** 0,6 ... 12,5; **60,3:** 0,6 ... 16; **76,1:** 0,8 ... 20; **88,9:** 0,8 ... 25; **114,3:** 1,2 ... 32; **139,7:** 1,6 ... 40; **168,3:** 1,6 ... 50; **219,1:** 1,8 ... 70; **273:** 2,0 ... 80; **323,9/355,6/406,4:** 2,6 ... 100; **457/506/610:** 3,2 ... 100; **711:** 4 ... 100; **813/914/1016:** 4 ... 65; **1067/1118/1219:** 5 ... 65; **1422:** 5,6 ... 65; **1626:** 6,3 ... 65; **1829:** 7,1 ... 65; **2032:** 8 ... 65; **2235:** 8,8 ... 65; **2540:** 10 ... 65.

Geprefereerde wanddiktes (in mm):

0,5 0,6 0,8 1 1,2 1,4 1,6 1,8 2 2,3 2,6 2,9 3,2 3,6 4 4,5 5,0 5,4 5,6  
6,3 7,1 8 8,8 10 11 12,5 14,2 16 17,5 20 22,2 25 28 30 32 36 40 45 50 55 60 65 (70) (80) (90)  
(100)

Reeks 2: buitendiameters waarvoor niet alle onderdelen genormaliseerd zijn (in mm):

12 12,7 16 19 20 25 31,8 32 38 40 51 57 63,5 70 101,6 127 133 762 1168 1321 1524 1727 1930  
2134 2337 2438

Reeks 3: buitendiameters waarvoor nauwelijks appendages bestaan (in mm):

14 18 22 25,4 30 35 44,5 54 73 82,5 108 141,3 152,4 159 177,8 193,7 244,5 559 660 864

Toewijzing van wanddiktes bij reeks 2 en 3 overeenkomstig als bij reeks 1

Tabel 1-13 Vervolg

c) Stalen precisiebuizen, naadloos koudgetrokken buizen volgens NEN EN 10305-1 (selectie)

Voorkeurswaarden voor diameter en wanddikte komen overeen met de grijze vlakken.

De buizen worden gekenmerkt door nauwkeurig gedefinieerde grensmaatafwijkingen en een vastgelegde oppervlakteruwheid.

Maten in mm

Nominale buitendiameter D <sup>1)</sup> met grensmaat-afwijkingen	wanddikte T <sup>3)</sup>																						
	1	1,2	1,5	1,8	2	2,2	2,5	2,8	3,0	3,5	4	4,5	5	5,5	6	7	8	9	10	12	14	16	
	grensmaatafwijkingen voor nominale binnendiameter ID <sup>2)</sup>																						
10	±0,15						±0,25																
12	±0,15						±0,25																
14	±0,15						±0,25																
15	±0,08		±0,15						±0,25														
16	±0,08		±0,15						±0,25														
18	±0,08				±0,15						±0,25												
20	±0,08				±0,15						±0,25												
22	±0,08				±0,15						±0,25												
25	±0,08						±0,15						±0,25										
26	±0,08						±0,15						±0,25										
28	±0,08						±0,15																
30	±0,08						±0,15						±0,25										
32	±0,15																		±0,25				
35	±0,15																						
38	±0,15																						
40	±0,15																						
42	±0,20																						
45	±0,20																						
48	±0,20																						
50	±0,20																						
55	±0,25																						
60	±0,25																						
65	±0,30																						
70	±0,30																						
75	±0,35																						
80	±0,35																						
85	±0,40																						
90	±0,40																						
95	±0,45																						
100	±0,45																						
110	±0,50																						
120	±0,50																						
130	±0,70																						
140	±0,70																						
150	±0,80																						
160	±0,80																						

<sup>1)</sup> Totale diameterbereik tussen 4 en 260 mm. Grensmaatafwijkingen van diameters gelden voor leveringstoestand +C of +LC.

<sup>2)</sup> De buizen zijn bepaald volgens 4 en buitendiameter ( $D$ ) en binnendiameter ( $ID$ ),  $ID = D - 2T$ .

<sup>3)</sup> Grensmaatafwijkingen wanddiktes:  $\pm 10\%$  oder  $\pm 0,1$  mm. De grotere waarde geldt.

Leveringstoestand

trekblank/hard: +C, trekblank/zacht: +LC, trekblank en spanningsarm gegloeid: +SR, gegloeid: +A, normaalgegloeid: +N.

Tabel 1-13 Vervolg

## Buislengte

lengtesoort	lengte $L$ in mm	grensmaten in mm
handelslengte	3000 tot 8000	
vaste lengte		$\pm 500$
exacte lengte	$500 < L \leq 5000$	0/+3
	$2000 > L \geq 5000$	0/+5
	$5000 < L \leq 8000$	0/+10
	$\leq 500 > 8000$	zoals overeengekomen

## Materiaal:

E215, E235, E355. Andere mogelijke staalsoorten: E255, E410, 26Mn5, C35E, C45E, 26Mo2, 25CrMo4, 42CrMo4, 10S10, 15S10, 18S10 en 37S10.

## Bestelvoorbeeld:

180 m buizen met een buitendiameter  $D = 80$  mm en een binnendiameter  $ID = 74$  mm volgens EN 10305-1, gemaakt van de staalsoort E235 in normaalgegleoide toestand, geleverd in handelslengte met optie 18 (keuringscertificaat 3.1.B volgens EN 10204):

180 m buizen – 80 × ID 74 – EN 10305-1 – E235 + N – handelslengte – optie 18

d) Naadloze stalen buizen voor drukbelasting van ongelegeerde staalsoorten volgens NEN EN 10216-1. De buizen worden conform NEN EN 10220 gekozen voorkeurswaarden naar buitendiameter  $D$  en wanddikte  $T$  vastgesteld.

## Reeks 1: buitendiameters waarvoor alle appendages genormaliseerd zijn

Buitendiameters en wanddiktes van ... tot (in mm):

**10,2:** 1,6 ... 2,6; **13,5:** 1,8 ... 3,6; **17,2:** 1,8 ... 4,5; **21,3:** 2 ... 5; **26,9:** 2 ... 8; **33,7:** 2,3 ... 8,8; **42,4:** 2,6 ... 10; **48,3:** 2,6 ... 12,5; **60,3:** 2,9 ... 16; **76,1:** 2,9 ... 20; **88,9:** 3,2 ... 25; **114,3:** 3,6 ... 32; **139,7:** 4 ... 40; **168,3:** 4,5 ... 50; **219,1:** 6,3 ... 70; **273:** 6,3 ... 80; **323,9:** 7,1 ... 100; **355,6:** 8 ... 100; **406,4:** 8,8 ... 100; **457:** 10 ... 100; **508:** 11 ... 100; **610:** 12,5 ... 100; **711:** 25 ... 100.

Geprefereerde wanddiktes (in mm): 1,6 1,8 2 2,3 2,6 2,9 3,2 3,6 4,0 4,5 5,0 5,6 6,3 7,1 8,0 8,8 10,0 11,0 12,5 14,2 16 17,5 20 22,2 25 28 30 32 36 40 45 50 55 60 65 70 80 90 100

Reeks 2 en 3: zie voor buitendiameters NEN EN 10220, tabel 1-13b

Leveringstoestand: De buizen moeten of normaalgegleoid of normaliserend omgevormd worden geleverd.

## Grensmaatafwijkingen

buitendiameter $D$ mm	grensmaat-afwijkingen voor $D$	grensmaatafwijkingen voor $T$ bij een $T/D$ -verhouding van			
		$\leq 0,025$	$> 0,025$ tot 0,050	$> 0,050$ tot 0,10	$> 0,10$
$D \leq 219,1$	$\pm 1\%$ of $\pm 0,5$ mm, telkens geldt de grotere waarde	$\pm 12,5\%$ of $\pm 0,4$ mm, telkens geldt de grotere waarde			
$D > 219,1$		$\pm 20\%$	$\pm 15\%$	$\pm 12,5\%$	$\pm 10\%$

## Materiaal:

P195TR1, P235TR1, P265TR1 in kwaliteit TR1 zonder vastgesteld Al-aandeel, zonder gedefinieerde waarden van de kerfslag en zonder specifieke keuring.

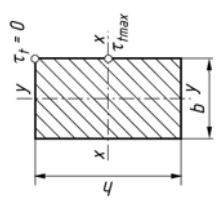
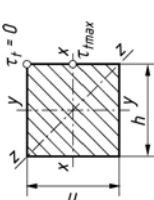
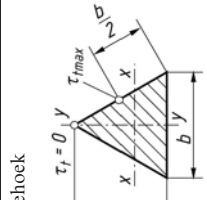
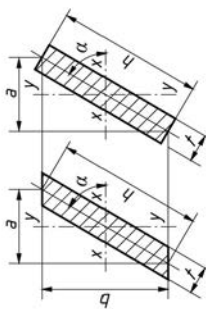
P195TR2, P235TR2, P265TR2 in kwaliteit TR2 met vastgesteld Al-aandeel, met gedefinieerde waarden van de kerfslag en met specifieke keuring.

## Bestelvoorbeeld:

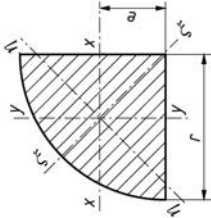
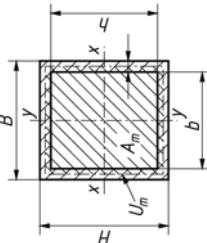
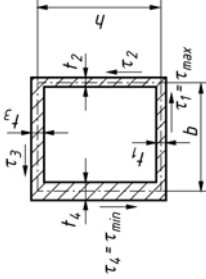
40 t naadloos stalen buizen met een buitendiameter van 219,1 mm en een wanddikte van 8 mm volgens EN 10216-1, vervaardigd van de staalsoort P235TR2 in een exacte lengte van  $8000 + 15$  mm:

40 t buizen – 219,1 × 8 – EN 10216-1 – P235TR2 – optie 8: 8000 mm.

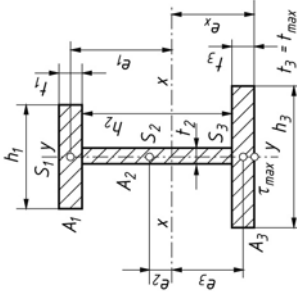
Tabel 1-14 Oppervlaktmomenten van 2e orde en weerstandsmomenten<sup>1)</sup>

doorsnede	buiging		torsie	
	oppervlakte- traagheidsmoment $I_b$	weerstandsmoment $W_b$	torsietraagheidsmoment $I_t$	torsieweerstandsmoment $W_t$
<p>rechthoek</p> 	$I_x = \frac{b \cdot h^3}{12}$ $I_y = \frac{h \cdot b^3}{12}$	$W_x = \frac{b \cdot h^2}{6}$ $W_y = \frac{h \cdot b^2}{6}$	$I_t = c_1 \cdot h \cdot b^3$	$W_t = \frac{c_1}{c_2} \cdot h \cdot b^2$ <p>waarbij</p> $c_1 = \frac{1}{3} \left( 1 - \frac{0,63}{h/b} + \frac{0,052}{(h/b)^2} \right)$ $c_2 = 1 - \frac{0,65}{1 + (h/b)^2}$
<p>vierkant</p> 	$I_x = I_y = I_z = \frac{h^4}{12}$	$W_x = W_y = \frac{h^3}{6}$ $W_z = \frac{\sqrt{2} \cdot h^3}{12}$	$I_t = 0,141 \cdot h^4$	$W_t = 0,208 \cdot h^3$
<p>gelijkzijdige driehoek</p> 	$I_x = I_y = \frac{b^4}{32 \cdot \sqrt{3}}$ $\left( h = \frac{\sqrt{3}}{2} \cdot b \right)$	$W_x = \frac{b^3}{32}$ $W_y = \frac{b^3}{16 \cdot \sqrt{3}}$	$I_t = \frac{b^4}{46,2}$	$W_t = \frac{b^3}{20}$
<p>smalle schuine rechthoek</p> 	$I_x = \frac{t}{12} \cdot h \cdot b^2 = \frac{t}{12} h^3 \cdot \sin^2 \alpha$ $I_y = \frac{t}{12} \cdot h \cdot a^2 = \frac{t}{12} h^3 \cdot \cos^2 \alpha$		$I_t \approx \frac{1}{3} \cdot h \cdot t^3$	$W_t \approx \frac{1}{3} \cdot h \cdot t^2$

Tabel 1-14 Vervolg

doorsnede	buiging		torsie	
oppervlakte- traagheidsmoment $I_b$	weerstandsmoment $W_b$	torsie draagheidsmoment $I_t$	torsieweerstandsmoment $W_t$	
<p>kwadrant</p> 	$I_x = I_y \approx 0,05488 \cdot r^4$ $I_{\phi} = 0,07135 \cdot r^4$ $I_{\eta} = 0,03384 \cdot r^4$ <p>(<math>e = 0,4244 \cdot r</math>)</p>			
<p>rechthoekige koker</p> <p>1. wanddikte <math>t</math> constant</p>  <p>2. wanddikte <math>t</math> veranderlijk bijv. <math>t_1 &lt; t_2 &lt; t_3 &lt; t_4</math></p> 		<p>2. formule van Bredt</p> $I_t = 2 \cdot (A_a + A_i) \cdot t \cdot U_m$ $\approx 4 A_m^2 \cdot \frac{t}{U_m}$ <p><math>A_m</math> vlak dat door de profielmid-dellijn wordt omsloten <math>U_m</math> lengte van de profielmiddel-lijn</p> $I_t = \frac{4 \cdot b^2 \cdot h^2}{b \left( \frac{1}{t_1} + \frac{1}{t_3} \right) + h \left( \frac{1}{t_2} + \frac{1}{t_4} \right)}$	<p>1. formule van Bredt</p> $W_t \approx 2 \cdot A_m \cdot t$ $W_{t_{\min}} = 2 \cdot b \cdot h \cdot t_{\min}$ $W_{t_{\max}} = 2 \cdot b \cdot h \cdot t_{\max}$	

Tabel 1-14 Vervolg

doorsnede	buiging		torsie	
	oppervlakte- traagheidsmoment $I_b$	weerstandsmoment $W_b$	torsietraagheidsmoment $I_t$	torsieweerstandsmoment $W_t$
samengestelde dunwandige doorsnedes 	$I = \sum I_i + \sum A_i \cdot e_i^2$ voorbeeld: $I_x = I_1 + I_2 + I_3 + A_1 \cdot e_1^2 + A_2 \cdot e_2^2 + A_3 \cdot e_3^2$	$W = \frac{I}{e}$	$I_t \approx \frac{1}{3} \sum_{i=1}^n h_i \cdot t_i^3$ voorbeeld: $I_t \approx \frac{1}{3} \sum (t_1 \cdot h_1^3 + t_2 \cdot h_2^3 + t_3 \cdot h_3^3)$	$W_t = \frac{1}{3 \cdot r_{\max}} \cdot \sum_{i=1}^n h_i \cdot t_i^3$

1) Oppervlakte- en weerstandsmomenten voor asdoorsnedes, zie tabel 11-3. Oppervlakte- en weerstandsmomenten voor standaardprofielen, zie tabel 1-8 tot tabel 1-13.



Tabel 1-15 Verhoudingen, afhankelijk van de lengtemaat, trappen en reeksen voor indeling in typen

kengrootheid	verhouding	trap	reeks
1. lengte $L$	$q_L = L_1/L_0$	$q_{r/p}$	Rr/p
2. oppervlak $A$	$q_A = A_1/A_0 = q_L^2$	$q_{r/2p}$	Rr/2p
3. volume $V$	$q_V = V_1/V_0 = q_L^3$	$q_{r/3p}$	Rr/3p
massa $m$	$q_m = m_1/m_0 = q_L^3$	$q_{r/3p}$	Rr/3p
4. dichtheid $\rho$	$q_\rho = \rho_1/\rho_0 = 1$	—	—
5. kracht $F$	$q_F = F_1/F_0 = q_L^2$	$q_{r/2p}$	Rr/2p
6. spanning $\sigma$	$q_\sigma = \sigma_1/\sigma_0 = 1$	—	—
druk $p$	$q_p = p_1/p_0 = 1$	—	—
7. tijd $t$	$q_t = t_1/t_0 = q_L$	$q_{r/p}$	Rr/p
8. snelheid $v$	$q_v = v_1/v_0 = 1$	—	—
9. versnelling $a$	$q_a = a_1/a_0 = q_L^{-1}$	$q_{r/-p}$	Rr/-p (dalend)
toerental $n$	$q_n = n_1/n_0 = q_L^{-1}$	$q_{r/-p}$	Rr/-p (dalend)
10. hoekversnelling $\alpha$	$q_\alpha = \alpha_1/\alpha_0 = q_L^{-2}$	$q_{r/-2p}$	Rr/-2p (dalend)
11. vermogen $P$	$q_P = P_1/P_0 = q_L^3$	$q_{r/2p}$	Rr/2p
12. moment $M$ resp. $T$	$q_M = M_1/M_0 = q_L^3 = T_1/T_0$	$q_{r/3p}$	Rr/3p
13. weerstandsmoment $W$ arbeid $W$	$q_W = W_1/W_0 = q_L^3$	$q_{r/3p}$	Rr/3p
14. oppervlaktetraagheidsmoment $I$	$q_I = I_1/I_0 = q_L^4$	$q_{r/4p}$	Rr/4p
15. massamoment van 2e orde $J$	$q_J = J_1/J_0 = q_L^5$	$q_{r/5p}$	Rr/5p

Tabel 1-16 Normgetallen volgens DIN 323

hoofdwaarden				afgeronde waarden						nabij- gelegen waarden	
basisreeksen				reeksen met afgeronde waarden							
R5	R10	R20	R40	R''5	R'10	R''10	R'20	R''20	R'40		
1,00	1,00	1,00	1,00 1,06	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00 1,05		
		1,12	1,12 1,18				1,10	1,10	1,10 1,20		
	1,25	1,25	1,25 1,32		1,25	(1,20)	1,25	(1,20)	1,25	1,30	$\sqrt[3]{2}$
		1,40	1,40 1,50				1,40	1,40	1,40 1,50	$\sqrt{2}$	
1,60	1,60	1,60	1,60 1,70	(1,50)	1,60	(1,50)	1,60	1,60	1,60 1,70	$\sqrt[3]{4}$	
		1,80	1,80 1,90				1,80	1,80	1,80 1,90		
	2,00	2,00	2,00 2,12		2,00	2,00	2,00	2,00	2,00	2,10	
		2,24	2,24 2,36				2,20	2,20	2,20 2,40		
2,50	2,50	2,50	2,50 2,65	2,50	2,50	2,50	2,50	2,50	2,50 2,60	$\frac{\text{mm}}{\text{Inch}} \approx 25$	
		2,80	2,80 3,00				2,80	2,80	2,80 3,00		
	3,15	3,15	3,15 3,35		3,20	(3,00)	3,20	(3,00)	3,20	3,40	$\pi, \sqrt{10}$
		3,55	3,55 3,75				3,50	(3,50)	3,60 3,80		
4,00	4,00	4,00	4,00 4,25	4,00	4,00	4,00	4,00	4,00	4,00 4,20	$\frac{\pi}{8} \approx 0,4$	
		4,50	4,50 4,75				4,50	4,50	4,50 4,80		
	5,00	5,00	5,00 5,30		5,00	5,00	5,00	5,00	5,00	5,30	
		5,60	5,60 6,00				5,60	(5,50)	5,60 6,00		
6,30	6,30	6,30	6,30 6,70	(6,00)	6,30	(6,00)	6,30	(6,00)	6,30 6,70	$2\pi$	
		7,10	7,10 7,50				7,10	(7,00)	7,10 7,50		
	8,00	8,00	8,00 8,50		8,00	8,00	8,00	8,00	8,00	8,50	$\frac{\pi}{4} \approx 0,8$
		9,00	9,00 9,50				9,00	9,00	9,00 9,50		
10,00	10,00	10,00	10,00	10,00	10,00	10,00	10,00	10,00	$\pi^2, g$		

De tussen haakjes ( ) geplaatste waarden van R''5, R''10, R''20, met name de waarde 1,5, moeten zo mogelijk worden vermeden.

## 2 Toleranties, passingen en oppervlaktegesteldheid

Tabel 2-1 Standaardtoleranties IT volgens NEN ISO 286-1

K	Standaardtolerantie IT ...																	
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18
nominale maat (mm)	standaardtolerantie IT = $K \cdot i$ resp. IT = $K \cdot I$ ; tolerantie-eenheid $i(I)$ volgens vergelijking (2.4)																	
	µm									mm								
< 3	0,8	1,2	2	3	4	6	10	14	25	40	64	100	160	250	400	640	1000	1600
> 3-6	1	1,5	2,5	4	5	8	12	18	30	48	75	120	180	280	440	700	1100	1800
> 6-10	1	1,5	2,5	4	5	8	12	18	30	48	75	120	180	280	440	700	1100	1800
> 10-18	1,2	2	3	5	8	11	18	27	43	70	110	180	280	440	700	1100	1800	2800
> 18-30	1,5	2,5	4	6	9	13	21	33	52	84	130	210	320	500	780	1200	1800	2800
> 30-50	1,5	2,5	4	7	11	16	25	39	62	100	160	250	380	580	880	1350	2100	3200
> 50-80	2	3	5	8	13	19	30	46	74	120	190	300	460	700	1100	1700	2600	4000
> 80-120	2,5	4	6	10	15	22	35	54	87	140	220	350	540	820	1250	1900	2900	4500
> 120-180	3,5	5	8	12	18	25	40	63	100	160	250	400	630	980	1500	2300	3500	5500
> 180-250	4,5	7	10	14	20	29	46	72	115	185	290	460	720	1110	1750	2700	4100	6300
> 250-315	6	8	12	16	23	32	52	81	130	210	320	520	810	1250	1950	3000	4500	7000
> 315-400	7	9	13	18	25	36	57	89	140	230	360	570	890	1400	2200	3400	5200	8000
> 400-500	8	10	15	20	27	40	63	97	155	250	400	630	970	1550	2400	3700	5600	8500
> 500-630	9	11	16	22	32	44	70	110	175	280	440	700	1100	1750	2800	4400	6800	10500
> 630-800	10	13	18	25	36	50	80	125	200	320	500	800	1250	2000	3200	5000	7800	12000
> 800-1000	11	15	21	28	40	56	90	140	230	360	560	900	1400	2300	3600	5600	8800	13500
> 1000-1250	13	18	24	33	47	66	105	165	260	420	660	1050	1650	2600	4200	6600	10500	16500
> 1250-1600	15	21	29	39	55	78	125	195	310	500	780	1250	1950	3100	5000	7800	12500	19500
> 1600-2000	18	25	35	46	65	92	150	230	370	600	920	1500	2300	3700	6000	9200	15000	23000
> 2000-2500	22	30	41	55	78	110	175	280	440	700	1100	1750	2800	4400	7000	11000	17500	28000
> 2500-3150	26	36	50	68	96	135	210	330	540	860	1350	2100	3300	5400	8600	13500	21000	33000

**Tabel 2-2** Basisgrensmaatafwijkingen voor uitwendige pasvlakken (assen) in µm volgens NEN ISO 286-1 (selectie)

nominale maat in mm	grootste grensmaatafwijking $es^{(1)}$										kleinste grensmaatafwijking $ei^{(2)}$																					
	c	d	e	f	g	h	js	j	k	m	n	p	r	s	t	u	x	z	za	zb	zc											
	alle tolerantieklassen							IT 5 en IT 6	IT 7	IT 4 tot IT 7	alle tolerantieklassen																					
> 3–6	-70	-30	-20	-10	-4	0	grensmaatafwijking = ±(IT/2) met IT volgens tabel 2-1										-2	-4	+1	0	+4	+8	+12	+15	+19	-	+23	+28	+35	+42	+50	+80
> 6–10	-80	-40	-25	-13	-5	0											-2	-5	+1	0	+6	+10	+15	+19	+23	-	+28	+34	+42	+52	+67	+97
> 10–14	-95	-50	-32	-16	-6	0	-3	-6	+1	0	+7	+12	+18	+23	+28	-	+33	+40	+50	+64	+90	+130										
> 14–18	-110	-65	-40	-20	-7	0	-4	-8	+2	0	+8	+15	+22	+28	+35	-	+41	+48	+64	+88	+118	+160	+218									
> 18–24	-120	-80	-50	-25	-9	0	-5	-10	+2	0	+9	+17	+26	+34	+43	+48	+60	+80	+112	+148	+200	+274										
> 24–30	-130	-100	-60	-30	-10	0	-7	-12	+2	0	+11	+20	+32	+43	+59	+66	+87	+122	+172	+226	+300	+405										
> 30–40	-140	-120	-72	-36	-12	0	-9	-15	+3	0	+13	+23	+37	+51	+71	+91	+124	+178	+258	+335	+445	+585										
> 40–50	-150	-145	-85	-43	-14	0	-11	-18	+3	0	+15	+27	+43	+63	+92	+122	+170	+248	+365	+470	+620	+800										
> 50–65	-170	-170	-100	-50	-15	0	-13	-21	+4	0	+17	+31	+50	+65	+100	+134	+190	+280	+415	+535	+700	+900										
> 65–80	-180	-180	-110	-56	-17	0	-15	-26	+4	0	+20	+34	+56	+68	+108	+146	+210	+310	+465	+600	+780	+1000										
> 80–100	-200	-190	-125	-62	-18	0	-17	-28	+4	0	+21	+37	+62	+77	+122	+166	+236	+350	+520	+670	+880	+1150										
> 100–120	-220	-210	-135	-68	-20	0	-19	-32	+5	0	+23	+40	+68	+80	+130	+180	+258	+385	+575	+740	+960	+1250										
> 120–140	-240	-230	-145	-75	-22	0	-21	-36	+5	0	+25	+43	+72	+84	+140	+196	+284	+425	+640	+820	+1050	+1350										
> 140–160	-260	-250	-155	-78	-23	0	-23	-40	+5	0	+27	+46	+78	+94	+158	+218	+315	+475	+710	+920	+1200	+1550										
> 160–180	-280	-270	-165	-81	-24	0	-25	-44	+5	0	+29	+49	+82	+98	+170	+240	+350	+525	+790	+1000	+1300	+1700										
> 180–200	-300	-290	-175	-84	-25	0	-27	-48	+5	0	+31	+52	+86	+108	+190	+268	+390	+590	+900	+1150	+1500	+1900										
> 200–225	-320	-310	-185	-87	-26	0	-29	-52	+5	0	+33	+55	+90	+114	+208	+294	+435	+660	+1000	+1300	+1650	+2100										
> 225–250	-330	-320	-195	-90	-27	0	-31	-56	+5	0	+35	+58	+94	+126	+232	+330	+490	+740	+1100	+1450	+1850	+2400										
> 250–280	-350	-340	-205	-93	-28	0	-33	-60	+5	0	+37	+61	+98	+132	+252	+360	+540	+820	+1250	+1600	+2100	+2600										
> 280–315	-360	-350	-215	-96	-29	0	-35	-64	+5	0	+39	+64	+102	+138	+268	+384	+576	+864	+1296	+1728	+2272	+2944										
> 315–355	-400	-390	-235	-102	-31	0	-37	-68	+5	0	+41	+68	+108	+144	+296	+432	+648	+972	+1452	+1944	+2592	+3456										
> 355–400	-440	-430	-255	-108	-33	0	-39	-72	+5	0	+43	+72	+112	+150	+312	+450	+672	+1008	+1512	+2016	+2688	+3600										
> 400–450	-480	-470	-275	-114	-35	0	-41	-76	+5	0	+45	+75	+118	+156	+336	+480	+720	+1080	+1620	+2160	+2880	+3840										
> 450–500	-500	-490	-295	-120	-37	0	-43	-80	+5	0	+47	+78	+122	+162	+352	+504	+756	+1134	+1716	+2304	+3024	+4032										

1)  $ei = es - IT$  (standaardtolerantie IT volgens tabel 2-1).  
 2)  $es = ei + IT$ .

**Tabel 2-3** Basisgrensmaatafwijkingen voor inwendige pasvlakken (gaten) in µm volgens NEN ISO 286-1 (selectie)

nominale maat in mm	kleinste grensmaatafwijking $EI^1)$											grootste grensmaatafwijking $ES^2)$											δ in µm						
	C	D	E	F	G	H	JS	J		K	M	N	P...ZC	P	R	S	T	U	X	Z	ZA	ZB	ZC	IT 3	IT 4	IT 5	IT 6	IT 7	IT 8
	alle tolerantieklassen							grensmaatafwijkingen = ±(IT <sub>2</sub> ) met IT volgens tabel 2-1							tolerantieklassen boven IT 7							waarden als voor kwaliteiten > IT 7, maar dan verhoogd met δ							
> 3-6	+70	+30	+20	+10	+4	0		IT 6	IT 7	IT 8	< IT 8	< IT 8	< IT 8	-12	-15	-19	-	-23	-28	-35	-42	-50	-80	1	1,5	1	3	4	6
> 6-10	+80	+40	+25	+13	+5	0		+5	+8	+12	-1+δ	-4+δ	-8+δ	-15	-19	-23	-	-28	-34	-42	-52	-67	-97	1	1,5	2	3	6	7
> 10-14		+95	+50	+32	+6	0		+6	+10	+15	-1+δ	-7+δ	-12+δ	-18	-23	-28	-	-33	-45	-60	-77	-108	150	1	2	3	3	7	9
> 14-18		+110	+65	+40	+20	+7	0	+8	+12	+20	-2+δ	-8+δ	-15+δ	-22	-28	-35	-	-41	-54	-73	-98	-136	188	1,5	2	3	4	8	12
> 18-24		+120	+80	+50	+25	+9	0	+10	+14	+24	-2+δ	-9+δ	-17+δ	-26	-34	-43	-	-48	-60	-80	-112	-160	274	1,5	3	4	5	9	14
> 24-30		+130	+100	+60	+30	+10	0	+13	+18	+28	-2+δ	-11+δ	-20+δ	-32	-41	-53	-	-54	-70	-97	-136	-242	325	2	3	5	6	11	16
> 30-40		+140	+120	+72	+36	+12	0	+16	+22	+34	-3+δ	-13+δ	-23+δ	-37	-51	-71	-	-75	-102	-146	-210	-274	480	2	4	5	7	13	19
> 40-50		+150	+145	+85	+43	+14	0	+18	+26	+41	-3+δ	-15+δ	-27+δ	-43	-63	-92	-	-122	-170	-248	-365	-470	800	3	4	6	7	15	23
> 50-65		+170	+170	+100	+50	+15	0							-68	-108	-146	-	-166	-236	-350	-465	-600	1000						
> 65-80		+180	+170	+110	+50	+15	0	+22	+30	+47	-4+δ	-17+δ	-31+δ	-77	-122	-166	-	-180	-258	-385	-575	-740	1150	3	4	6	9	17	26
> 80-100		+200	+190	+125	+62	+18	0	+25	+36	+55	-4+δ	-20+δ	-34+δ	-84	-140	-196	-	-240	-350	-525	-790	-1000	1700	4	4	7	9	20	29
> 100-120		+220	+210	+135	+68	+20	0	+29	+39	+60	-4+δ	-21+δ	-37+δ	-94	-158	-218	-	-240	-350	-525	-790	-1000	1900	4	5	7	11	21	32
> 120-140		+230	+230	+145	+72	+20	0	+33	+43	+66	-5+δ	-23+δ	-40+δ	-108	-190	-268	-	-268	-390	-590	-900	-1150	2100	4	5	7	11	21	32
> 140-160		+240	+170	+100	+50	+15	0							-114	-208	-294	-	-330	-445	-660	-1000	-1300	2400	5	5	7	13	23	34
> 160-180		+240	+170	+100	+50	+15	0							-126	-232	-320	-	-360	-490	-740	-1100	-1450	2600	5	5	7	13	23	34
> 180-200		+240	+170	+100	+50	+15	0							-132	-252	-360	-	-480	-820	-1250	-1600	-2100	2600						
> 200-225		+260	+170	+100	+50	+15	0							-56	-98	-170	-	-240	-350	-525	-790	-1000	1700	4	4	7	9	20	29
> 225-250		+280	+190	+110	+56	+17	0							-94	-158	-218	-	-315	-475	-710	-920	-1200	1550	4	4	7	9	20	29
> 250-280		+300	+210	+125	+62	+18	0							-108	-190	-268	-	-390	-590	-900	-1150	-1500	1900	4	4	7	9	20	29
> 280-315		+330	+210	+125	+62	+18	0							-62	-114	-208	-	-294	-435	-660	-1000	-1300	2100	4	4	7	11	21	32
> 315-355		+400	+230	+135	+68	+20	0							-68	-126	-232	-	-360	-490	-740	-1100	-1450	2400	5	5	7	13	23	34
> 355-400		+440	+230	+135	+68	+20	0																						
> 400-450		+440	+230	+135	+68	+20	0																						
> 450-500		+480	+230	+135	+68	+20	0																						

1)  $ES = EI + IT$  (standaardtolerantie IT volgens tabel 2-1).

2)  $EI = ES - IT$ .

**Tabel 2-4** Passingen voor het eenheidsgatstelsel volgens NEN ISO 286-2 (selectie) maatafwijkingen in  $\mu\text{m}$

nominale maat in mm	losse		over-gangs-passingen				vaste		losse				overgangs-passingen				vaste	
	H6	h5	j6	k6	n5	r5	H7	f7	g6	h6	k6	m6	n6	r6	s6			
< 3	+6 0	0 -4	+4 -2	+6 0	+8 +4	+14 +10	+10 0	-6 -16	-2 -8	0 -6	+6 0	+8 +2	+10 +4	+16 +10	+20 +14			
> 3- 6	+8 0	0 -5	+6 -2	+9 +1	+13 +8	+20 +15	+12 0	-10 -22	-4 -12	0 -8	+9 +1	+12 +4	+16 +8	+23 +15	+27 +19			
> 6- 10	+9 0	0 -6	+7 -2	+10 +1	+16 +10	+25 +19	+15 0	-13 -28	-5 -14	0 -9	+10 +1	+15 +6	+19 +10	+28 +19	+32 +23			
> 10- 18	+11 0	0 -8	+8 -3	+12 +1	+20 +12	+31 +23	+18 0	-16 -34	-6 -17	0 -11	+12 +1	+18 +7	+23 +12	+34 +23	+39 +28			
> 18- 30	+13 0	0 -9	+9 -4	+15 +2	+24 +15	+37 +28	+21 0	-20 -41	-7 -20	0 -13	+15 +2	+21 +8	+28 +15	+41 +28	+48 +35			
> 30- 50	+16 0	0 -11	+11 -5	+18 +2	+28 +17	+45 +34	+25 0	-25 -50	-9 -25	0 -16	+18 +2	+25 +9	+33 +17	+50 +34	+59 +43			
> 50- 65	+19 0	0 -13	+12 -7	+21 +2	+33 +20	+41 +56 +43	+30 0	-30 -60	-10 -29	0 -19	+21 +2	+30 +11	+39 +20	+60 +41	+72 +53			
> 65- 80														+62 +43	+78 +59			
> 80-100	+22 0	0 -15	+13 -9	+25 +3	+38 +23	+51 +66 +54	+35 0	-36 -71	-12 -34	0 -22	+25 +3	+35 +13	+45 +23	+73 +51	+93 +71			
>100-120														+76 +54	+101 +79			
>120-140						+81 +63								+88 +63	+117 +92			
>140-160	+25 0	0 -18	+14 -11	+28 +3	+45 +27	+83 +65	+40 0	-43 -83	-14 -39	0 -25	+28 +3	+40 +15	+52 +27	+90 +65	+125 +100			
>160-180						+86 +68								+93 +68	+133 +108			
>180-200						+97 +77								+106 +77	+151 +122			
>200-225	+29 0	0 -20	+16 -13	+33 +4	+51 +31	+100 +80	+46 0	-50 -96	-15 -44	0 -29	+33 +4	+46 +17	+60 +31	+109 +80	+159 +130			
>225-250						+104 +84								+113 +84	+169 +140			
>250-280	+32 0	0 -23	+16 -16	+36 +4	+57 +34	+117 +94	+52 0	-56 -108	-17 -49	0 -32	+36 +4	+52 +20	+66 +34	+126 +94	+190 +158			
>280-315						+121 +98								+130 +98	+202 +170			
>315-355	+36 0	0 -25	+18 -18	+40 +4	+62 +37	+133 +108	+57 0	-62 -119	-18 -54	0 -36	+40 +4	+57 +21	+73 +37	+144 +108	+226 +190			
>355-400						+139 +114								+150 +114	+244 +208			
>400-450	+40 0	0 -27	+20 -20	+45 +5	+67 +40	+153 +126	+63 0	-68 -131	-20 -60	0 -40	+45 +5	+63 +23	+80 +40	+166 +126	+272 +232			
>450-500						+159 +132								+172 +132	+292 +252			

Tabel 2-4 Vervolg

nominale maat in mm	losse								vaste <sup>1)</sup>							
	passingen								passingen							
	H8	d9	e8	f8	h9	s8	u8	x8	H11	a11	c11	d9	h11	z11		
< 3	+14	-20	-14	-6	0	+28	+32	+34	+60	-270	-60	-20	0	+86		
	0	-45	-28	-20	-25	+14	+18	+20	0	-330	-120	-45	-60	+26		
> 3- 6	+18	-30	-20	-10	0	+37	+41	+46	+75	-270	-70	-30	0	+110		
	0	-60	-38	-28	-30	+19	+23	+28	0	-345	-145	-60	-75	+35		
> 6- 10	+22	-40	-25	-13	0	+45	+50	+56	+90	-280	-80	-40	0	+132		
	0	-76	-47	-35	-36	+23	+28	+34	0	-370	-170	-76	-90	+42		
> 10- 14	+27	-50	-32	-16	0	+55	+60	+67	+110	-290	-95	-50	0	+160		
	0	-93	-59	-43	-43	+28	+33	+40							+40	
> 14- 18	0							+72	-400	-205	-93	-110	+170			
								+45					+60			
> 18- 24	+33	-65	-40	-20	0	+68	+74	+87	+130	-300	-110	-65	0	+203		
							+41	+54						+73		
> 24- 30	0	-117	-73	-53	-52	+35	+81	+97	0	-430	-240	-117	-130	+218		
							+48	+64						+88		
> 30- 40	+39	-80	-50	-25	0	+82	+99	+119	+160	-310	-120	-80	0	+272		
							+60	+80						+112		
> 40- 50	0	-142	-89	-64	-62	+43	+109	+136	0	-320	-130	-142	-160	+296		
							+70	+97						+136		
> 50- 65	+46	-100	-60	-30	0	+53	+99	+133	+190	-340	-140	-100	0	+362		
							+87	+122						+172		
> 65- 80	0	-174	-106	-76	-74	+105	+148	+192	0	-360	-150	-174	-190	+408		
							+59	+102						+210		
> 80-100	+54	-120	-72	-36	0	+125	+178	+232	+220	-380	-170	-120	0	+478		
							+71	+124						+258		
>100-120	0	-207	-126	-90	-87	+133	+198	+264	0	-410	-180	-207	-220	+530		
							+79	+144						+310		
>120-140						+155	+233	+311		-460	-200			+615		
							+92	+170						+365		
>140-160	+63	-145	-85	-43	0	+163	+253	+343	+250	-520	-210	-145	0	+665		
							+190	+280						+415		
>160-180	0	-245	-148	-106	-100	+171	+273	+373		-580	-230			+715		
							+108	+210						+465		
>180-200						+194	+308	+422		-660	-240			+810		
							+122	+236						+520		
>200-225	+72	-170	-100	-50	0	+202	+330	+457	+290	-740	-260	-170	0	+865		
							+130	+258						+575		
>225-250	0	-285	-172	-122	-115	+212	+356	+497		-820	-280			+930		
							+140	+284						+640		
>250-280	+81	-190	-110	-56	0	+239	+396	+556	+320	-920	-300	-190	0	+1030		
							+158	+475						+710		
>280-315	0	-320	-191	-137	-130	+251	+431	+606	0	-1050	-330	-320	-320	+1110		
							+170	+525						+790		
>315-355	+89	-210	-125	-62	0	+279	+479	+679	+360	-1200	-360	-210	0	+1260		
							+190	+590						+900		
>355-400	0	-350	-214	-151	-140	+297	+524	+749	0	-1350	-400	-350	-360	+1360		
							+208	+660						+1000		
>400-450	+97	-230	-135	-68	0	+329	+587	+837	+400	-1500	-440	-230	0	+1500		
							+232	+490						+1100		
>450-500	0	-385	-232	-165	-155	+349	+637	+917	0	-1650	-480	-385	-400	+1650		
							+252	+820						+1250		

<sup>1)</sup> voor  $N > 65$  mm vaste passing; tot  $N = 65$  mm overgangspassing.

**Tabel 2-5** Passingen voor het eenheidsasstelsel volgens NEN ISO 286-2 (selectie)  
 maatafwijkingen in  $\mu\text{m}$

nominale maat in mm	losse		overgangspassingen				vaste		losse		overgangspassingen				vaste	
	h5	G6	J6	M6	N6	P6	h6	F7	G7	J7	K7	M7	N7	R7	S7	
<3	0 -4	+8 +2	+2 -4	-2 -8	-4 -10	-6 -12	0 -6	+16 +6	+12 +2	+4 -6	0 -10	-2 -12	-4 -14	-10 -20	-14 -24	
> 3- 6	0 -5	+12 +4	+5 -3	-1 -9	-5 -13	-9 -17	0 -8	+22 +10	+16 +4	+6 -6	+3 -9	0 -12	-4 -16	-11 -23	-15 -27	
> 6- 10	0 -6	+14 +5	+5 -4	-3 -12	-7 -16	-12 -21	0 -9	+28 +13	+20 +5	+8 -7	+5 -10	0 -15	-4 -19	-13 -28	-17 -32	
> 10- 18	0 -8	+17 +6	+6 -5	-4 -15	-9 -20	-15 -26	0 -11	+34 +16	+24 +6	+10 -8	+6 -12	0 -18	-5 -23	-16 -34	-21 -39	
> 18- 30	0 -9	+20 +7	+8 -5	-4 -17	-11 -24	-18 -31	0 -13	+41 +20	+28 +7	+12 -9	+6 -15	0 -21	-7 -28	-20 -41	-27 -48	
> 30- 50	0 -11	+25 +9	+10 -6	-4 -20	-12 -28	-21 -37	0 -16	+50 +25	+34 +9	+14 -11	+7 -18	0 -25	-8 -33	-25 -50	-34 -59	
> 50- 65	0 -13	+29 +10	+13 -6	-5 -24	-14 -33	-26 -45	0 -19	+60 +30	+40 +10	+18 -12	+9 -21	0 -30	-9 -39	-30 -60	-42 -72	
> 65- 80														-32 -62	-48 -78	
> 80-100	0 -15	+34 +12	+16 -6	-6 -28	-16 -38	-30 -52	0 -22	+71 +36	+47 +12	+22 -13	+10 -25	0 -35	-10 -45	-38 -73	-58 -93	
>100-120														-41 -76	-66 -101	
>120-140														-48 -88	-77 -117	
>140-160	0 -18	+39 +14	+18 -7	-8 -33	-20 -45	-36 -61	0 -25	+83 +43	+54 +14	+26 -14	+12 -28	0 -40	-12 -52	-50 -90	-85 -125	
>160-180														-53 -93	-93 -133	
>180-200														-60 -106	-105 -151	
>200-225	0 -20	+44 +15	+22 -7	-8 -37	-22 -51	-41 -70	0 -29	+96 +50	+61 +15	+30 -16	+13 -33	0 -46	-14 -60	-63 -109	-113 -159	
>225-250														-67 -113	-123 -169	
>250-280	0 -23	+49 +17	+25 -7	-9 -41	-25 -57	-47 -79	0 -32	+108 +56	+69 +17	+36 -16	+16 -36	0 -52	-14 -66	-74 -126	-138 -190	
>280-315														-78 -130	-150 -202	
>315-355	0 -25	+54 +18	+29 -7	-10 -46	-26 -62	-51 -87	0 -36	+119 +62	+75 +18	+39 -18	+17 -40	0 -57	-16 -73	-87 -144	-169 -226	
>355-400														-93 -150	-187 -244	
>400-450	0 -27	+60 +20	+33 -7	-10 -50	-27 -67	-55 -95	0 -40	+131 +68	+83 +20	+43 -20	+18 -45	0 -63	-17 -80	-103 -166	-209 -272	
>450-500														-109 -172	-229 -292	



Tabel 2-5 Vervolg

nominale maat in mm	losse passingen							vaste <sup>1)</sup>	losse passingen					vaste <sup>2)</sup>
	h9	C11	D10	E9	F8	H8	H11	X9	h11	A11	C11	D10	Z11	
<3	0	+120	+ 60	+ 39	+ 20	+14	+ 60	- 20	0	+ 330	+120	+ 60	- 26	
	- 25	+ 60	+ 20	+ 14	+ 6	0	0	- 45	- 60	+ 270	+ 60	+ 20	- 86	
> 3- 6	0	+145	+ 78	+ 50	+ 28	+18	+ 75	- 28	0	+ 345	+145	+ 78	- 35	
	- 30	+ 70	+ 30	+ 20	+ 10	0	0	- 58	- 75	+ 270	+ 70	+ 30	- 110	
> 6- 10	0	+170	+ 98	+ 61	+ 35	+22	+ 90	- 34	0	+ 370	+170	+ 98	- 42	
	- 36	+ 80	+ 40	+ 25	+ 13	0	0	- 70	- 90	+ 280	+ 80	+ 40	- 132	
> 10- 14	0	+205	+120	+ 75	+ 43	+27	+110	- 40	0	+ 400	+205	+120	- 50	
	- 43	+ 95	+ 50	+ 32	+ 16	0	0	- 83	-110	+ 290	+ 95	+ 50	- 160	
> 14- 18	0	+205	+120	+ 75	+ 43	+27	+110	- 45	0	+ 400	+205	+120	- 60	
	- 43	+ 95	+ 50	+ 32	+ 16	0	0	- 88	-110	+ 290	+ 95	+ 50	- 170	
> 18- 24	0	+240	+149	+ 92	+ 53	+33	+130	- 54	0	+ 430	+240	+149	- 73	
	- 52	+110	+ 65	+ 40	+ 20	0	0	-106	-130	+ 300	+110	+ 65	- 203	
> 24- 30	0	+240	+149	+ 92	+ 53	+33	+130	- 64	0	+ 430	+240	+149	- 88	
	- 52	+110	+ 65	+ 40	+ 20	0	0	-116	-130	+ 300	+110	+ 65	- 218	
> 30- 40	0	+280	+180	+112	+ 64	+39	+160	- 80	0	+ 470	+280	+180	- 112	
	- 62	+120	+ 80	+ 50	+ 25	0	0	-142	-160	+ 310	+120	+ 80	- 272	
> 40- 50	0	+290	+180	+112	+ 64	+39	+160	- 97	0	+ 480	+290	+180	- 136	
	- 62	+130	+ 80	+ 50	+ 25	0	0	-159	-160	+ 320	+130	+ 80	- 296	
> 50- 65	0	+330	+220	+134	+ 76	+46	+190	-122	0	+ 530	+330	+220	- 172	
	- 74	+140	+100	+ 60	+ 30	0	0	-196	-190	+ 340	+140	+100	- 362	
> 65- 80	0	+340	+220	+134	+ 76	+46	+190	-146	0	+ 530	+340	+220	- 210	
	- 74	+150	+100	+ 60	+ 30	0	0	-220	-190	+ 360	+150	+100	- 400	
> 80-100	0	+390	+260	+159	+ 90	+54	+220	-178	0	+ 600	+390	+260	- 258	
	- 87	+170	+120	+ 72	+ 36	0	0	-265	-220	+ 380	+170	+120	- 478	
>100-120	0	+400	+260	+159	+ 90	+54	+220	-210	0	+ 600	+400	+260	- 310	
	- 87	+180	+120	+ 72	+ 36	0	0	-297	-220	+ 410	+180	+120	- 530	
>120-140	0	+450	+305	+185	+106	+63	+250	-248	0	+ 710	+450	+305	- 365	
	-100	+200	+145	+ 85	+ 43	0	0	-348	-250	+ 460	+200	+145	- 615	
>140-160	0	+460	+305	+185	+106	+63	+250	-280	0	+ 770	+460	+305	- 415	
	-100	+210	+145	+ 85	+ 43	0	0	-380	-250	+ 520	+210	+145	- 665	
>160-180	0	+480	+305	+185	+106	+63	+250	-310	0	+ 830	+480	+305	- 465	
	-100	+230	+145	+ 85	+ 43	0	0	-410	-250	+ 580	+230	+145	- 715	
>180-200	0	+530	+355	+215	+122	+72	+290	-350	0	+ 950	+530	+355	- 520	
	-115	+240	+170	+100	+ 50	0	0	-465	-290	+ 660	+240	+170	- 810	
>200-225	0	+550	+355	+215	+122	+72	+290	-385	0	+1030	+550	+355	- 575	
	-115	+260	+170	+100	+ 50	0	0	-500	-290	+ 740	+260	+170	- 865	
>225-250	0	+570	+355	+215	+122	+72	+290	-425	0	+1110	+570	+355	- 640	
	-115	+280	+170	+100	+ 50	0	0	-540	-290	+ 820	+280	+170	- 930	
>250-280	0	+620	+400	+240	+137	+81	+320	-475	0	+1240	+620	+400	- 710	
	-130	+300	+190	+110	+ 56	0	0	-605	-320	+ 920	+300	+190	-1030	
>280-315	0	+650	+400	+240	+137	+81	+320	-525	0	+1370	+650	+400	- 790	
	-130	+330	+190	+110	+ 56	0	0	-655	-320	+1050	+330	+190	-1110	
>315-355	0	+720	+440	+265	+151	+89	+360	-590	0	+1560	+720	+440	- 900	
	-140	+360	+210	+125	+ 62	0	0	-730	-360	+1200	+360	+210	-1260	
>355-400	0	+760	+440	+265	+151	+89	+360	-660	0	+1710	+760	+440	-1000	
	-140	+400	+210	+125	+ 62	0	0	-800	-360	+1350	+400	+210	-1360	
>400-450	0	+840	+480	+290	+165	+97	+400	-740	0	+1900	+840	+480	-1100	
	-155	+440	+230	+135	+ 68	0	0	-895	-400	+1500	+440	+230	-1500	
>450-500	0	+880	+480	+290	+165	+97	+400	-820	0	+1900	+880	+480	-1100	
	-155	+480	+230	+135	+ 68	0	0	-975	-400	+1650	+480	+230	-1650	

1) voor  $N \leq 14$  mm overgangspassing2) voor  $N > 65$  mm vaste passiging;  
tot  $N = 65$  mm overgangspassing.

**Tabel 2-6** Algemene toleranties

a) Toleranties voor lengte- en hoekmaten zonder afzonderlijke tolerantie-inschrijving volgens NEN ISO 2768-1

tolerantie-klasse	Maatafwijkingen voor lengtematen							
	nominale maat in mm							
	> 0,5 <sup>1)</sup> - 3	> 3 - 6	> 6 - 30	> 30 - 120	> 120 - 400	> 400 - 1000	> 1000 - 2000	> 2000 - 4000
f (fijn)	±0,05	±0,05	±0,1	±0,15	±0,2	±0,3	±0,5	–
m (middel)	±0,1	±0,1	±0,2	±0,3	±0,5	±0,8	±1,2	±2
c (grof)	±0,2	±0,3	±0,5	±0,8	±1,2	±2	±3	±4
v (zeer grof)	–	±0,5	±1	±1,5	±2,5	±4	±6	±8

tolerantie-klasse	maatafwijkingen voor gebroken kanten <sup>2)</sup>			maatafwijkingen voor hoekmaten				
	nominale maat in mm			nominale maat van de korte zijde van de hoek in mm				
	> 0,5 <sup>1)</sup> - 3	> 3 - 6	> 6	< 10	> 10 - 50	> 50 - 120	> 120 - 400	> 400
f (fijn)	±0,2	±0,5	±1	±1°	±0°30'	±0°20'	±0°10'	±0°5'
m (middel)								
c (grof)	±0,4	±1	±2	±1°30'	±1°	±0°30'	±0°15'	±0°10'
v (zeer grof)				±3°	±2°	±1°	±0°30'	±0°20'

<sup>1)</sup> Voor nominale maten onder 0,5 mm dienen de grensmaatafwijkingen direct bij de betreffende nominale maat te worden aangegeven.

<sup>2)</sup> Afrondingsstralen en afschuiningen

Aanduiding op tekening in of naast het tekstvenster:

bijv. 'algemene tolerantie ISO 2768-c' of alleen 'ISO 2768-c': Voor lengte- en hoekmaten in tolerantieklasse grof (c) zijn de algemene toleranties volgens ISO 2768-1 van toepassing.

b) Toleranties voor vorm en plaats zonder afzonderlijke tolerantie-inschrijving volgens NEN ISO 2768-2 (waarden in mm)

tolerantie-klasse	algemene toleranties voor														
	rechtheid en vlakheid						haaksheid				symmetrie				loop
	nominale maat						nominale maat voor de korte zijde van de hoek				nominale maat				
	< 10	> 10 - 30	> 30 - 100	> 100 - 300	> 300 - 1000	> 1000 - 3000	< 100	> 100 - 300	> 300 - 1000	> 1000 - 3000	< 100	> 100 - 300	> 300 - 1000	> 1000 - 3000	
H	0,02	0,05	0,1	0,2	0,3	0,4	0,2	0,3	0,4	0,5	0,5				0,1
K	0,05	0,1	0,2	0,4	0,6	0,8	0,4	0,6	0,8	1,0	0,6		0,8	1,0	0,2
L	0,1	0,2	0,4	0,8	1,2	1,6	0,6	1,0	1,5	2,0	0,6	1,0	1,5	2,0	0,5

voorbeelden voor de titelinvvoer:

'ISO 2768-mH': Van toepassing zijn de algemene toleranties voor maten en voor vorm en plaats volgens ISO 2768-1 en -2 met de tolerantieclassen m en H. (Voor niet ingevoerde 90°-hoekprofielen gelden de algemene toleranties voor hoekmaten volgens ISO 2768-1 niet).

'ISO 2768-mK-E': De omhullende voorwaarde E geldt ook voor de afzonderlijke maatelementen.

Tabel 2-7 Vormtoleranties volgens NEN EN ISO 1101 (selectie)

symbool en aard van de tolerantie		tolerantiezone	voorbeelden	
			aanduiding op de tekening	toelichting
	rechtheid			De hartlijn van het cilindrische deel van de pen moet liggen in een cilindrische zone met een diameter van: $t = 0,03$ mm.
	vlakheid			Het oppervlak waarvoor de vlakheidstolerantie is aangegeven, moet liggen tussen twee evenwijdige platte vlakken, waarvan de onderlinge afstand $t = 0,05$ mm bedraagt.
	rondheid			De omtrek van elke doorsnee moet liggen tussen twee concentrische cilinders waarvan de stralen $t = 0,02$ mm verschillen.
	cilindriciteit			Het oppervlak moet liggen tussen twee coaxiale cilinders waarvan de stralen $t = 0,05$ mm verschillen.
	profielzuiverheid van een lijn			Het profiel moet liggen tussen twee omhullende lijnen, waarvan de afstand door cirkels met een diameter van $t = 0,08$ mm wordt begrensd. De middelpunten van deze cirkels liggen op de geometrisch zuivere profiellijn.
	profielzuiverheid van een vlak			Het vlak moet liggen tussen twee omhullende oppervlakken waarvan de afstand door bollen met een diameter van $t = 0,03$ mm wordt begrensd. De middelpunten van deze bollen liggen op het geometrisch zuivere profielvlak.

Tabel 2-8 Plaatstoleranties volgens NEN EN ISO 1101 (selectie)

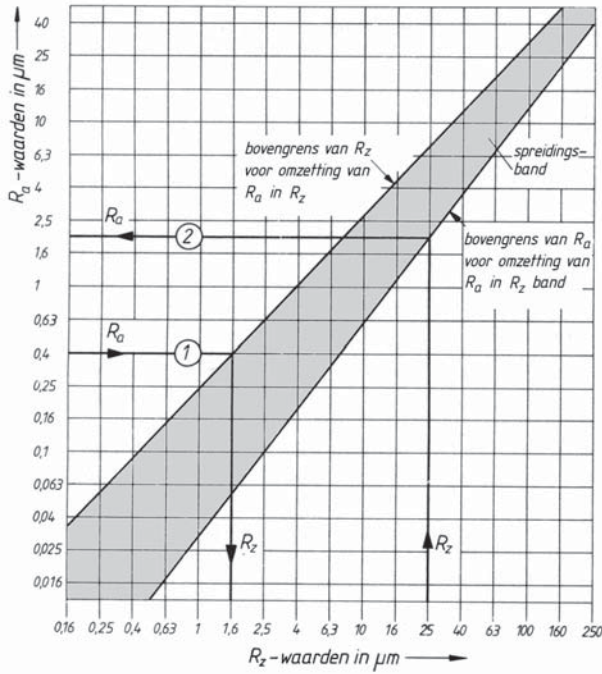
symbool en aard van de tolerantie		tolerantiezone	voorbeelden	
			aanduiding op de tekening	toelichting
//	evenwijdigheid			De bovenste hartlijn moet liggen in een cilindrische zone die evenwijdig is aan de onderste referentie-hartlijn A die een diameter heeft van $t = 0,1$ mm.
				Het oppervlak moet liggen tussen twee evenwijdige vlakken die parallel aan het referentievlak lopen en waarvan de onderlinge loodrechte afstand $t = 0,01$ mm bedraagt.
⊥	haaksheid			De hartlijn moet liggen tussen twee vlakken die evenwijdig aan het referentievlak en loodrecht op de richting van de pijl staan, met een afstand van $t = 0,05$ mm.
∠	helling			De hartlijn van de boring moet liggen tussen twee ten opzichte van elkaar evenwijdige vlakken die onder een hoek van $60^\circ$ met het referentievlak staan, en waarvan de afstand $t = 0,1$ mm bedraagt.
⊙	plaatszuiverheid			Het middelpunt van de boring moet liggen in een cilinder met een diameter van $t = 0,05$ mm, waarvan de hartlijn zich op het geometrisch ideale punt bevindt (met omkaderde maten).
≡	symmetrie			Het werkelijke symmetrievlak van de groef moet liggen tussen twee parallelle vlakken waarvan de onderlinge afstand $t = 0,08$ mm bedraagt, en die symmetrisch rond het symmetrievlak van het referentie-element liggen.
⊙	coaxialiteit/concentriciteit			De hartlijn van de as waarop de coaxialiteits-tolerantie is aangegeven, moet liggen in een cilindrische zone waarvan de hartlijn samenvalt met die van het referentie-element, en waarvan de diameter $t = 0,03$ mm bedraagt.
↗	radiale slag			Bij een volledige omwenteling om de referentie-as A-B mag de radiale slag van het betreffende cilindervlak in elk meetvlak niet meer bedragen dan 0,1 mm.
	axiale slag			Bij een volledige omwenteling om de referentie-as D mag de axiale slag van het betreffende vlak op elke willekeurige meetpositie niet groter zijn dan 0,1 mm.

**Tabel 2-9 Toepassingsvoorbeelden voor passingen<sup>1)</sup>**

eenheidsgatstelsel	positie spelingstolerantievel	eenheidsasstelsel	aanwijzingen voor montage, paskarakter en toepassingsvoorbeelden
vaste passing			
H8/x8 H8/u8		X7/h6 U7/h6	<i>Delen zijn alleen door verwarmen resp. afkoelen samenvoegbaar. Op assen geklemde tandwielen, koppelingen, vliegwielen; krimpringen. Aanvullende borging tegen verdraaien niet nodig.</i>
H7/s6 H7/r6		S7/h6 R7/h6	<i>Delen zijn samenvoegbaar met grote perskracht of door verwarmen resp. afkoelen. Lagerbussen in behuizingen, bussen in wielnaven; flenzen op aseinden. Aanvullende borging tegen verdraaien niet nodig.</i>
overgangspassing			
H7/n6		N7/h6	<i>Delen zijn met perskracht samenvoegbaar. Wielbanden op wiellichamen; lagerbussen in behuizingen en wielnaven; koppelingen op aseinden. Borging tegen verdraaien noodzakelijk.</i>
H7/k6		K7/h6	<i>Delen zijn met hamerslagen samenvoegbaar. Tandwielen, riemschijven, koppelingen, remschijven op langere assen, resp. aseinden. Borging tegen verdraaien noodzakelijk.</i>
H7/j6		J7/h6	<i>Delen zijn met lichte hamerslagen of met de hand samenvoegbaar. Voor gemakkelijk in en uit te bouwen tandwielen, riemschijven; bussen. Borging tegen verdraaien noodzakelijk.</i>
losse passing			
H7/h6 H8/h9 H11/h9		H7/h6 H8/h9 H9/h11	<i>Delen zijn met de hand nog te verschuiven. Voor glijdende delen en geleidingen; centreerflenzen; schuifbus in losse draaibankkop; stel- en afstandsringen.</i>
H7/g6		G7/h6	<i>Delen zijn zonder merkbare speling verschuifbaar. Glijlagers voor spindels, verschuifbare wielen en koppelingen.</i>
H7/f7 H8/f7		F8/h6 F8/h9	<i>Delen zijn beweegbaar met lichte speling. Glijlagers algemeen; glijbussen op assen; stuurzuigers in cilinders.</i>
H8/e8		E9/h9	<i>Delen zijn beweegbaar met merkbare speling. Meervoudig gelagerde assen; lagering van krukassen en wormassen; hefboomlagering.</i>
H8/d9 H11/d9		D10/h9 D10/h11	<i>Delen zijn beweegbaar met aanzienlijke speling. Lagering in (land)bouwmachines; transportinstallaties. Grove machinebouw algemeen.</i>
H11/c11 H11/a11		C11/h9 C11/h11 A11/h11	<i>Delen zijn beweegbaar met zeer grote speling. Lagers die blootstaan aan sterke vervuiling en die slecht gesmeerd worden; scharnierende verbindingen.</i>

<sup>1)</sup> Voor praktisch gebruik volstaat de passingsselectie volgens DIN 7157, reeks 1 (**vette letter**). Van dit advies kan alleen in uitzonderingsgevallen (bijv. inbouw van wentellagers, tabel 14-8), worden afgeweken. De *cursief* gedrukte passingen zijn ontleend aan DIN 7155-1 (ISO-passingen voor eenheidsas) en dienen te worden vermeden.

Tabel 2-10 Omzetting van  $R_z$  en  $R_a$  voor verspaande oppervlakken volgens DIN 4768-1, blad 1



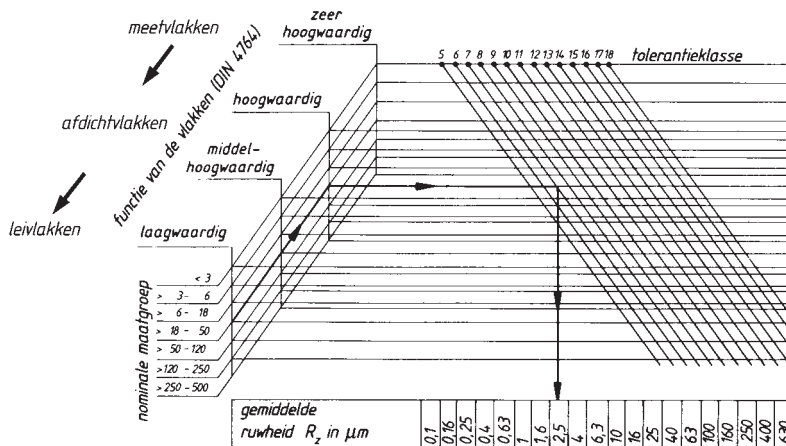
Aflesvoorbeelden:

① Wil men de ruwheid  $R_a = 0,4 \mu\text{m}$  omzetten in een vergelijkbare gemiddelde ruwheidshoogte  $R_z$ , dan kan aangenomen worden dat  $R_z = 1,6 \mu\text{m}$  overeenkomt met  $R_a = 0,4 \mu\text{m}$ .

② Omgekeerd: wil men de gemiddelde ruwheidshoogte  $R_z = 25 \mu\text{m}$  omzetten in een vergelijkbare  $R_a$ -waarde, dan kan aangenomen worden dat  $R_a = 2 \mu\text{m}$  overeenkomt met  $R_z = 25 \mu\text{m}$ .

Aanwijzing: Een precieze omzetting van de gemiddelde ruwheidshoogte  $R_z$  en de rekenkundig gemiddelde ruwheidswaarde  $R_a$  omgekeerd, kan noch theoretisch gestaafd noch empirisch bewezen worden.

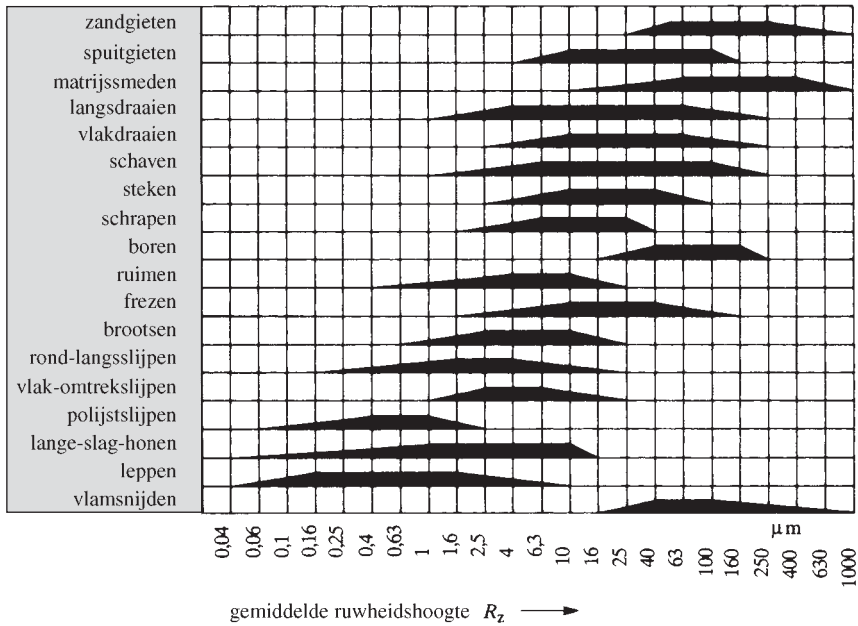
Tabel 2-11 Aanbevolen waarden voor de gemiddelde ruwheidshoogte  $R_z$  als functie van de nominale maat, tolerantieklasse en functie van het werkstukoppervlak (volgens Rochusch)



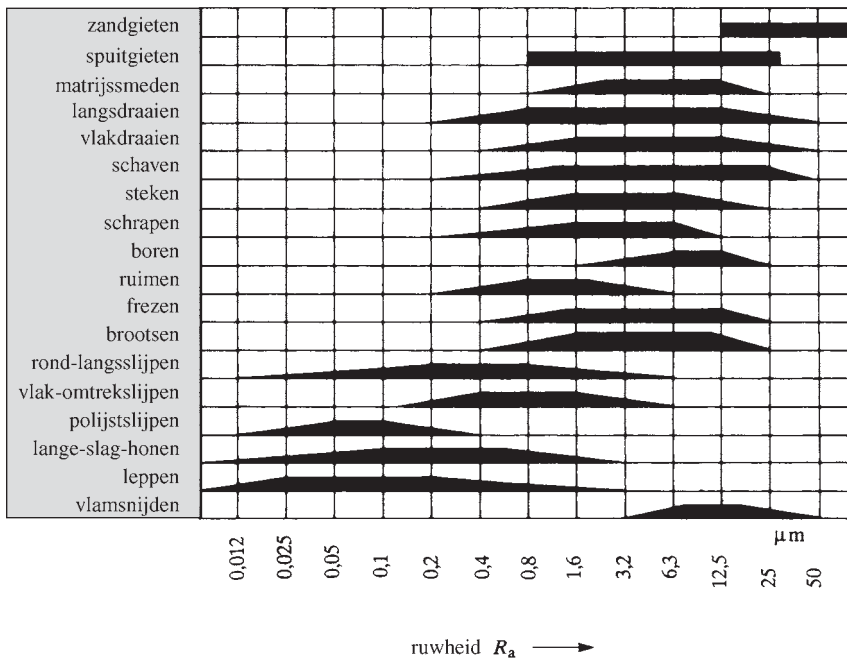
Aflesvoorbeelden: De aanbevolen waarde voor de gemiddelde ruwheidshoogte  $R_z$  bij een werkstukdiameter  $d = 40 \text{ mm}$  van een gegeven tolerantieklasse  $\tau 7$  bij een hoogwaardige oppervlaktefunctie (bijv. persverbinding) is  $R_z = 2,5 \mu\text{m}$ .

**Tabel 2-12** ruwheid van oppervlakken als functie van de vervaardigingsmethode (selectie) (zie NPR 3638)

a) Bereikbare gemiddelde ruwheidshoogte  $R_z$ <sup>1)</sup>



b) Bereikbare gemiddelde ruwheidswaarde  $R_a$ <sup>1)</sup>



<sup>1)</sup> Linker schuine balkeinde geeft ruwheidswaarden aan die alleen bereikbaar zijn bij speciale maatregelen; rechter schuine balkeinde geldt voor bijzonder grove fabricage.

# Roloff / Matek Machineonderdelen

5e herziene druk

Roloff/Matek geldt al vele jaren als een standaardwerk voor de werktuigbouw. De uitvoerige en up-to-date behandeling van machineonderdelen maakt het een compleet studieboek en een onmisbaar naslagwerk voor iedere ontwerper. De complete methode bestaat uit:

- Theorieboek
- Tabellenboek
- Opgavenboek
- Formuleboek

Dit *Tabellenboek* bevat een groot aantal tabellen, grafieken en schema's bij elk hoofdstuk in het *Theorieboek*, dat de belangrijkste machineonderdelen beschrijft. De theorie is ingedeeld in 23 afzonderlijke, opzichzelfstaande hoofdstukken, die onafhankelijk van elkaar kunnen worden bestudeerd. Dit *Tabellenboek* biedt ondersteuning bij de praktische toepassing van de theorie en bij het maken van eigen berekeningen.

Deze herziene en geactualiseerde vijfde druk, gebaseerd op de twintigste Duitse druk, is op diverse punten verbeterd. De wijzigingen in dit *Tabellenboek* zijn vooral ingegeven door de aanpassing naar de huidige stand van zaken op het gebied van normering, (NEN EN, NEN ISO, DIN), waarbij bv. het hoofdstuk Kettingaandrijvingen is aangepast naar NEN ISO 10823. Daarnaast is het boek aangepast aan de hoofdstukindeling van het Theorieboek en zijn er diverse verbeteringen aangebracht.

ISBN 978 90 395 2695 8

NUR 173 / 929



9 789039 526958

[www.academic-service.nl](http://www.academic-service.nl)