Bouwkunde & Smart Building

Tabellenboek

A.H.L.G. Bone (red)

Noordhoff

5e druk

Bouwkunde & Smart Building
Tabellenboek

BOUWKUNDE & SMART BUILDING

TABELLENBOEK

Redactie

Ad Bone

Auteurs

Ad Bone

Dave Bone

Jos Corstjens

Anton Peters

Anne-Marie van Welie

Vijfde druk

Noordhoff

Ontwerp omslag:
Omslagillustratie:
Tekeningen: Graphix and More, Zoetermeer
Basisontwerp binnenwerk: Marie-Cécile Noordzij, Hurwenen

Eventuele op- en aanmerkingen over deze of andere uitgaven kunt u richten aan: Noordhoff Uitgevers bv, Afdeling BVE, Antwoordnummer 13, 9700 VB Groningen of via het contactformulier op www.mijnnoordhoff.nl.

De informatie in deze uitgave is uitsluitend bedoeld als algemene informatie. Aan deze informatie kunt u geen rechten of aansprakelijkheid van de auteur(s), redactie of uitgever ontlenen.

MIX
Papier van verantwoorde herkomst
FSC® C118189

0 / 22

ISBN(ebook) 978-90-01-01596-1
ISBN 978-90-01-01595-4

Woord vooraf

De wereld verandert in rap tempo en hiermee ook de complexiteit van de gebouwde omgeving. Slim bouwen en slimme gebouwen spelen hierbij een steeds belangrijkere rol waarbij de bestaande regelgeving steeds opnieuw wordt bijgesteld. Denk hierbij aan de Omgevingswet die naar alle waarschijnlijkheid dit jaar zal worden ingevoerd.

Met nieuwe materialen en technieken, waaronder bouwtechniek, installatietechniek en elektrotechniek, wordt gezocht naar toekomstbestendige oplossingen om aan de eisen die de maatschappij aan eenieder stelt te kunnen voldoen. Het gevolg hiervan is dat de bouwkundige, de bouwfysische en de installatietechnische vakken meer en meer veranderen. Daardoor is de inhoud van dit tabellenboek grondig herzien en het onderdeel Smart Building is in dit, van oorsprong bouwkundige, tabellenboek geïntegreerd. Belangrijke onderdelen op het gebied van Smart Building zijn in deze uitgave opgenomen.

Voor wat betreft het bouwkundige deel zijn in dit tabellenboek de onderdelen beton-, staal- en bouwfysische berekeningen daar waar nodig grondig herzien en uitgebreid, waarbij er door de auteurs bewust voor is gekozen het Bouwbesluit 2012 mee te nemen in deze 5e druk.

Kortom, hiermee is het *Tabellenboek Bouwkunde en Smart Building* een onmisbaar naslagwerk geworden voor allen die in deze vakgebieden studeren op mbo- of hbo-niveau dan wel hierin werkzaam zijn.

Voorjaar 2023
De uitgever

Inhoud

1 Wiskunde

1.1 Symbolen

symbool	omschrijving
$=$	is gelijk aan
$\neq$	is niet gelijk aan
$\equiv$	is identiek met
$\approx$	is ongeveer gelijk aan
$\underset{=}{/}$	komt overeen met
$>$	is groter dan
$\gg$	is veel groter dan
$<$	is kleiner dan
$\ll$	is veel kleiner dan
$\geqq$	is gelijk aan of groter dan
$\leqq$	is gelijk aan of kleiner dan
$+$	plus
$-$	min
$\pm$	plus of min
$\times \cdot *$	maal
$:/-$	gedeeld door of per
( )	ronde haken
{ }	accolade
[ ]	rechte haken
$\bar{p}$	gemiddelde waarde van p
$\lvert x \rvert$	absolute waarde van x
$\rightarrow$	nadert tot
∞	oneindig
$\surd$	wortelteken
Δ	verschil
Σ	algebraïsche som
$\ldots$	tot en met
$\therefore$	hieruit volgt
//	is evenwijdig aan
#	is gelijk en evenwijdig aan
$\perp$	staat loodrecht op
$\angle$	hoek
∟	rechte hoek
$\triangle$	driehoek
$\cong$	is congruent met
$\sim$	is gelijkvormig met

1.2 Grieks alfabet

naam	hoofdletter	kleine letter
alfa	A	α
bèta	B	β
gamma	Γ	γ
delta	Δ	δ
epsilon	E	ε
zèta	Z	ζ
èta	H	η
thèta	Θ	θ
iota	I	ι
kappa	K	κ
lambda	Λ	λ
mu	M	μ
nu	N	ν
xi	Ξ	ξ
omicron	O	o
pi	Π	π
rho	P	ρ
sigma	Σ	σ
tau	T	τ
upsilon	Υ	υ
fi	Φ	φ
chi	X	χ
psi	Ψ	ψ
omega	Ω	ω

1.3 Grootheden en eenheden

grootheid		SI-eenheid		grootheden-vergelijking
naam	symbool	naam	symbool	
lengte	l	meter	m	
hoogte	h	meter	m	
breedte	b	meter	m	
straal	r	meter	m	
diameter	d, D	meter	m	
afgelegde weg	s	meter	m	$s = v \cdot t$
golflengte	λ	meter	m	
oppervlakte	A	vierkante meter	m^2	$A = h \cdot b$
volume	V	kubieke meter	m^3	$V = l \cdot h \cdot b$
vlakke hoek	α, β, γ enz.	radiaal	rad	
		hoekgraad	$^\circ$	
		hoekminuut	$'$	
		hoekseconde	$''$	

grootheid		SI-eenheid		groothedenvergelijking
naam	symbool	naam	symbool	
tijd	t	seconde	s	
		(minuut)*	(min = 60 s)	
		(uur)*	(h = 3600 s)	
		(dag)*	(d = 86400 s)	
snelheid	v	meter per seconde	m/s	$v = s/t = \pi d \cdot n$
versnelling	a	meter per seconde kwadraat	m/s^2	$a = v/t$
zwaartekracht-versnelling	g	meter per seconde kwadraat	m/s^2	$g = 9{,}80665\ m/s^2$
omwentelingssnelheid	n	per seconde	S^{-1}	
hoeksnelheid	ω	radiaal per seconde	rad/s	$\omega = 2\pi\ \text{rad} \cdot n$
massa	m	kilogram	kg	
		(gram)	(g = 0,001 kg)	
		(ton)	(t = 1000 kg)	
soortelijke massa	ρ	kilogram per kubieke meter	kg/m^3	$\rho = m/V$
kracht	F	newton	N	$F = m \cdot a$
gewicht	G	newton	1 N	$G = m \cdot g$
dichtheid	ρ	kilogram per kubieke meter	kg/m^3	
soortelijk gewicht	γ	newton per kubieke meter	N/m^3	G/V
druk	p	newton per vierkante meter	$Pa = 1\ N/m^2$	$p = F/a$
moment	M	newtonmeter	Nm	$M = F \cdot s$
koppel	T	newtonmeter	N · m	$T = F \cdot l$
				$T = P/(2\pi n)$
wrijvingscoëfficiënt	f	(dimensieloos)		
arbeid	W	newtonmeter	N . m = J	$W = F \cdot s$
energie	E	joule = newtonmeter	J = 1 N · m	
vermogen	P	watt	W	$P = W/s$ $P = 2\pi T \cdot n$
elektrische stroom	I	ampère	A	$I = U/R$
elektrische spanning	U	volt	V	$U = I \cdot R$
elektrische weerstand	R	ohm	Ω	$R = U/I$
soortelijke weerstand	ρ	ohmmeter	Ω · m	$\rho = R \cdot A/l$
geleiding	G	siemens	S	$G = 1/R$
elektrische lading	Q	coulomb	C	$Q = I \cdot t$
elektrische energie	E (W)	joule = wattseconde	J = 1 W · s	
temperatuur	T	kelvin	K	
	t	graad Celsius	°C*	
warmtehoeveelheid	Q	joule	J	
inwendige energie	U	joule	J	
soortelijke warmte	c	joule per kilogram kelvin	J/(kg · K)	$c = \dfrac{Q}{m(T_1 - T_2)}$
gasconstante	R	joule per mol kelvin	J/(mol · K)	

1.4 Algebra

$n = \{1, 2, 3, \ldots\}$

1.4.1 Machten

$a^1 = a$	(eerste macht)	$a^0 = 1$
$a^2 = a \cdot a$	(tweede macht)	$0^a = 0$
$a^3 = a \cdot a \cdot a$	(derde macht)	0^0 is onbepaald
enz.		$a\,\infty = \infty$

$(a \cdot b \cdot c)^p = a^p \cdot b^p \cdot c^p$ $\left(\frac{a}{b}\right)^p = \frac{a^p}{b^p}$

$a^p \cdot a^q = a^{p+q}$ $\frac{a^p}{a^q} = a^{p-q}$

$(a^p)^q = a^{p \cdot q}$ $a^{-p} = \frac{1}{a^p}$

$(-a)^{2n} = a^{2n}$ $(-a)^{2n-1} = -a^{2n-1}$

1.4.2 Logaritmen

${}^g\lg a = x$ dan $g^x = a$ g noemt men het grondtal

$\lg a = {}^{10}\lg a$ (logaritme van Briggs)

${}^g\lg a \cdot b = {}^g\lg a + {}^g\lg b$

${}^g\lg \frac{a}{b} = {}^g\lg a - {}^g\lg b$

${}^g\lg a^n = n\, {}^g\lg a$

${}^g\lg \sqrt[n]{a} = \frac{1}{n}\, {}^g\lg a$

$g^{{}^g\lg a} = a$

${}^g\lg a = \frac{{}^g\lg a}{{}^g\lg G}$

${}^g\lg a = 1$

$\ln a = {}^e\lg a$ (natuurlijke logaritme); $e = 2{,}71828$

$\ln a = {}^e\lg a = \frac{{}^{10}\lg a}{{}^{10}\lg e} = 2{,}303\, {}^{10}\lg a$

${}^{10}\lg e = 0{,}434293$

$\ln e = {}^e\lg e = 1$

${}^g\lg 1 = 0$

${}^g\lg 0 = -\infty$

1.4.3 Kwadratische functies

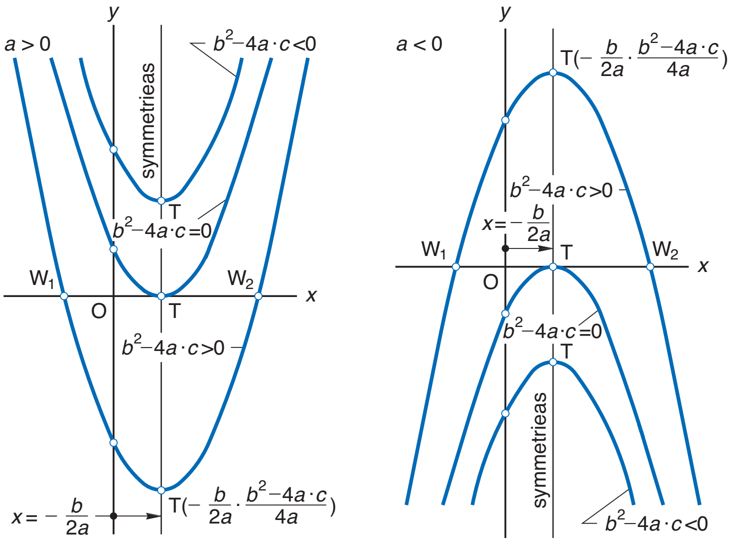
$y = a \cdot x^2 + b \cdot x + c$

of anders geschreven:

$$y = a\left(x + \frac{b}{2a}\right)^2 - \frac{b^2 - 4a \cdot c}{4a}$$

Dalparabool: Is a positief dan bereikt y de minimale waarde als $x + \dfrac{b}{2a} = 0$

Bergparabool: Is a negatief dan bereikt y de maximale waarde als $x + \dfrac{b}{2a} = 0$



1.4.4 Vierkantsvergelijking

Dit is een kwadratische functie waarbij y = 0 ofwel $a \cdot x^2 + b \cdot x + c = 0$
Voor deze vierkantsvergelijking, met wortels x_1 en x_2 geldt:
$a \cdot x^2 + b \cdot x + c = a(x - x_1)(x - x_2) = 0$

$$x_1 = \frac{-b + \sqrt{b^2 - 4a \cdot c}}{2a}$$

$$x_2 = \frac{-b - \sqrt{b^2 - 4a \cdot c}}{2a}$$

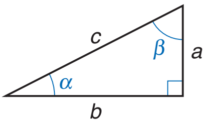
$$x_1 + x_2 = -\frac{b}{a}$$

$$x_1 \cdot x_2 = -\frac{c}{a}$$

$b^2 - 4a \cdot c$ noemt men de discriminant
als $b^2 - 4a \cdot c > 0$ zijn x_1 en x_2 reëel
als $b^2 - 4a \cdot c = 0$ is $x_1 = x_2$
als $b^2 - 4a \cdot c < 0$ zijn x_1 en x_2 imaginair

1.5 Goniometrie

1.5.1 Goniometrische verhoudingen



$\sin\alpha = \frac{a}{c}$ $\cos\alpha = \frac{b}{c}$ $\tan\alpha = \frac{a}{b}$ $\cot\ = \frac{b}{a}$

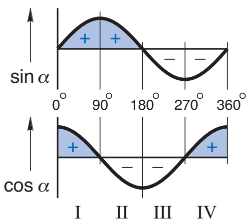
$\sin\beta = \frac{b}{c}$ $\cos\beta = \frac{a}{c}$ $\tan\beta = \frac{b}{a}$ $\cot\ = \frac{a}{b}$

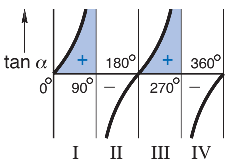
$\tan\ \alpha = \frac{1}{\cot\ \alpha}$ $\frac{\sin\ \alpha}{\cos\ \alpha} = \tan\ \alpha$ $\frac{\cos\ \alpha}{\sin\ \alpha} = \cot\ \alpha$

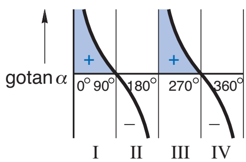
$c = \frac{a}{\sin\ \alpha} = \frac{b}{\sin\ \beta}$ $b = c\sin\ \beta\ =\ a\tan\ \beta$ $a = c\sin\ \alpha\ =\ b\tan\ \alpha$

$c = \frac{a}{\cos\ \beta} = \frac{b}{\cos\ \alpha}$ $b = c\cos\ \alpha = \frac{a}{\tan\ \alpha}$ $a = c\cos\ \beta = \frac{b}{\tan\ \beta}$

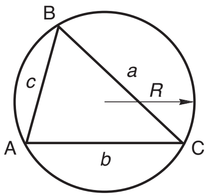
β	$\sin\ \beta$	$\cos\ \beta$	$\tan\ \beta$	$\cot\ \beta$
0°	0	1	0	$+\infty$
30°	$\frac{1}{2}$	$\frac{1}{2}\sqrt{3}$	$\frac{1}{3}\sqrt{3}$	$\sqrt{3}$
45°	$\frac{1}{2}\sqrt{2}$	$\frac{1}{2}\sqrt{2}$	1	1
60°	$\frac{1}{2}\sqrt{3}$	$\frac{1}{2}$	$\sqrt{3}$	$\frac{1}{3}\sqrt{3}$
90°	1	0	$+\infty'$	0
$90° - a$	cos α	sin α	cot α	tan α
$90° + a$	cos α	–sin α	–cot α	–tan α
$180° - a$	sin α	–cos α	–tan α	–cot α
180°	0	–1	0	$-\infty'$
270°	–1	0	$+\infty$	0
360°	0	1	0	$-\infty'$







1.5.2 Goniometrische formules



Sinusregel

$$\frac{a}{\sin\angle A} = \frac{b}{\sin\angle B} = \frac{c}{\sin\angle C} = 2R$$

Cosinusregel

$$a^2 = b^2 + c^2 - 2bc\cos\angle A \qquad \cos\angle A = \frac{b^2 + c^2 - a^2}{2bc}$$

$$b^2 = a^2 + c^2 - 2ac\cos\angle B \qquad \cos\angle B = \frac{a^2 + c^2 - b^2}{2ac}$$

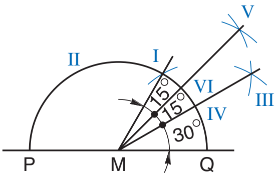
$$c^2 = a^2 + b^2 - 2ab\cos\angle C \qquad \cos\angle C = \frac{a^2 + b^2 - c^2}{2ab}$$

Oppervlak willekeurige driehoek

$$\text{Opp.}\,\Delta\,\text{ABC} = \tfrac{1}{2}bc\sin\angle A = \tfrac{1}{2}ac\sin\angle B = \tfrac{1}{2}ab\sin\angle C$$

1.6 Meetkunde

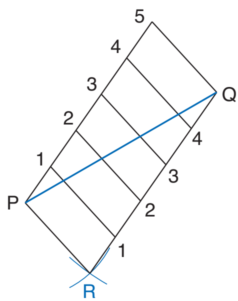
1.6.1 Meetkundige constructies



Construeren van hoeken die een veelvoud zijn van 7° 30'

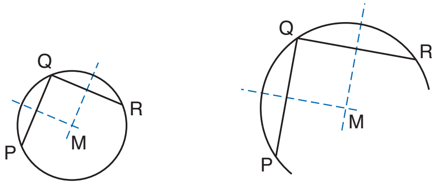
zoals 15° –22°30′ –30° –37°30′ –45°.

1 Teken een halve cirkel PQ met M als middelpunt.
2 Pas de straal MQ vanuit Q en P af op de boog PQ, dit geeft de snijpunten I en II. ∠Q-M-I = 60°; ∠Q-M-II = 120°.
3 Uit Q en I worden gelijke bogen omgecirkeld, deze snijden elkaar in III.
4 Trek M-III. Snijpunt IV is het midden van boog Q-I. ∠Q-M-IV = ∠IV-M-I-30°.
5 Uit IV en I worden gelijke bogen omgecirkeld, deze snijden elkaar in V.
6 Trek M-V. Snijpunt VI is het midden van boog IV-I. ∠Q-M-VI-45°.
7 Op dezelfde wijze doorgaan met de bogen middendoor te delen om de gevraagde hoek te vinden.



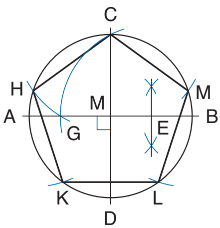
Lijnstuk PQ verdelen in een aantal gelijke delen

1 Teken door P willekeurig een rechte lijn en zet hierop zoveel gelijke stukken af als het gevraagde aantal delen (hier 5).
2 Cirkel vanuit P het lijnstuk Q-5 om.
3 Cirkel vanuit Q het lijnstuk P-5 om. Het snijpunt van beide bogen is R.
4 Trek QR en pas de gelijke stukken van P-5 erop af.
5 Verbind de overeenkomstige punten 1-1, 2-2, enz. Deze verbindingslijnen snijden van PQ gelijke stukken af.



Middelpunt bepalen van een gegeven cirkel of een gegeven cirkelboog

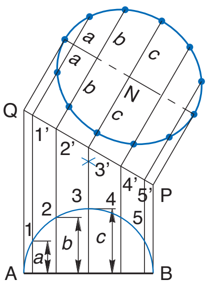
1. Neem drie punten P, Q en R willekeurig op de omtrek van de cirkel of op de omtrek van de cirkelboog.
2. Construeer de as van PQ.
3. Construeer de as van QR. Het snijpunt van deze 2 assen is het middelpunt M van de gegeven cirkel of van de gegeven cirkelboog.



Regelmatige vijfhoek en tienhoek

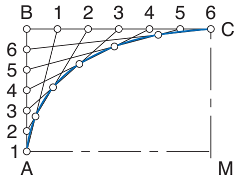
1. Construeer in een cirkel met middelpunt M de middellijnen AB en CD loodrecht op elkaar.
2. Deel de straal MB middendoor (punt E).
3. Beschrijf met E als middelpunt en CE als straal een cirkelboog. Deze snijdt AM in G.
4. De afstand CG is de lengte van de regelmatige vijfhoek. Pas deze vijfmaal als koorde op de cirkelomtrek af.
5. Trek de koorden CHKLN is de regelmatige vijfhoek.
6. De afstand GM is de lengte van de regelmatige tienhoek. Pas deze tienmaal als koorde op de cirkelomtrek af en trek de koorden. Zo ontstaat de regelmatige tienhoek.
   De regelmatige tienhoek kan ook geconstrueerd worden door de zijden van de regelmatige vijfhoek middendoor te delen.

Ellips

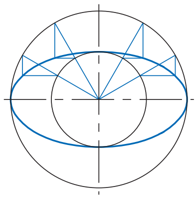


Eerste constructie

1. Teken op middellijn AB = lengte *kleine* as een halve cirkel.
2. Construeer loodlijnen in A en B.
3. Beschrijf vanuit punt P op loodlijn in B een cirkelboog met straal = lengte *grote* as. Deze snijdt de andere loodlijn in Q.
4. Trek PQ.
5. Verdeel de cirkel in 6 gelijke delen (punten 1…5).
6. Construeer loodlijnen op AB door de punten 1…5. Ze snijden PQ in de punten 1′…5′.
7. Construeer loodlijnen op PQ door de punten P, Q en 1′…5′.
8. Construeer in punt N loodlijn RS op lijn 3′-N.
9. Zet aan weerszijden van RS de afstanden *a*, *b* en *c* uit.
10. Teken de ellips.



Tweede constructie
(voor een kwart van de ellips)
Teken een rechthoek met lengte = $\frac{1}{2}$ lange as ellips en breedte = $\frac{1}{2}$ korte as ellips. Verdeel lengte en breedte in gelijke stukken, b.v. 6. Verbind de punten 1–1, 2–2, 3–3, enz. met elkaar.



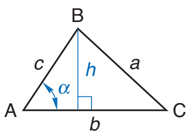
Benaderingsconstructie
1 Teken 2 concentrische cirkels met resp. als diameter de *grote* en *kleine* as van de ellips.
2 Zie de hulplijnen voor de verdere constructie.

1.6.2 Vlakke meetkundige figuren

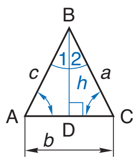
Som van de hoeken van een driehoek = 180°
Som van de hoeken van een vierhoek = 360°
Som van de hoeken van een *n*-hoek = (*n* – 2) 180°

Neem in formules:

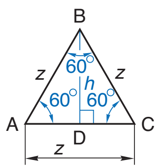
$\sqrt{2} = 1{,}414$	$\sqrt{3} = 1{,}732$	$\frac{1}{2}\sqrt{3} = 0{,}866$
$\frac{1}{2}\sqrt{2} = 0{,}707$	$\frac{2}{3}\sqrt{3} = 1{,}155$	$\frac{1}{4}\sqrt{3} = 0{,}433$
	$\frac{1}{3}\sqrt{3} = 0{,}577$	$\pi = 3{,}1416$ (4 dec.)
		$\pi = 3{,}14$ (2 dec.)
		$\frac{1}{2}\pi = 0{,}785$



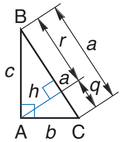
Driehoek
Omtrek $= a + b + c = 2s$
s = halve omtrek
Oppervlakte $= \frac{1}{2} b \cdot h$
Oppervlakte $= \frac{1}{2} b \cdot c \cdot \sin\alpha$
Oppervlakte
$= \sqrt{s(s-a)(s-b)(s-c)}$



Gelijkbenige driehoek
$a = c$
$\angle A = \angle A$
$AD = DC = \frac{1}{2} b$
$\angle B_1 = \angle B_2$
$AB^2 = AD^2 + BD^2$
Omtrek $= a + b + c$
$= b + 2a$
Oppervlakte $= \frac{1}{2} b \cdot h$



Gelijkzijdige driehoek
$AB = BC = AC = Z$
$\angle A = \angle B = \angle C = 60°$
$AD = DC = \frac{1}{2} z$
Hoogte $h = \frac{1}{2} z\sqrt{3}$
Omtrek $= 3z$
Oppervlakte $= \frac{1}{4} z^3\sqrt{3}$



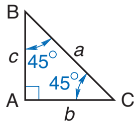
Rechthoekige driehoek

$a^2 = b^2 + c^2$(Pythagoras)

$h^2 = p^2 + q^2$

Omtrek $= a + b + c$

Oppervlakte $= \frac{1}{2}b \cdot c$



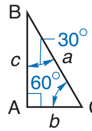
Gelijkbenige rechthoekige driehoek

$b = c = \frac{1}{2}a\sqrt{2}$

$a = b\sqrt{2} = c\sqrt{2}$

Omtrek $= a + b + c$

Oppervlakte $= \frac{1}{2}b \cdot c$



Bijzondere rechthoekige driehoek

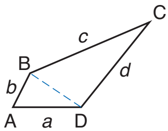
$a = 2b = \frac{2}{3}c\sqrt{3}$

$b = \frac{1}{2}a = \frac{1}{2}c\sqrt{3}$

$a = \frac{1}{2}a\sqrt{3} = b\sqrt{3}$

Omtrek $= a + b + c$

Oppervlakte $= \frac{1}{2}b \cdot c$



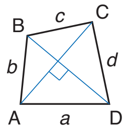
Vierhoek

Omtrek $= a + b + c + d$

Oppervlakte ABCD =

oppervlakte Δ ABD +

oppervlakte Δ BCD

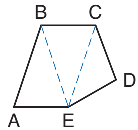


Vierhoek (diag. $\perp$)

AC $\perp$ *BD*

Omtrek $= a + b + c + d$

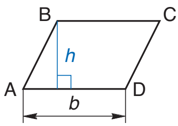
Oppervlakte ABCD $= \frac{1}{2}$AC $\cdot$ BD



Veelhoek

Omtrek = som van de zijiden

Oppervlakte = som van zde oppervlakten van de driehoeken



Parallellogram

AB//BC en AB//CD

$\angle$A = $\angle$C

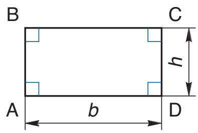
$\angle$B = $\angle$D

AD = BC

AB = CD

Omtrek = AB + BC + CD + AD

Oppervlakte $= b \cdot h$



Rechthoek

AD//BC en AB//CD

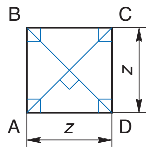
$\angle$A = $\angle$B = $\angle$C = $\angle$D = 90°

AD = BC = b

AB = CD = h

Omtrek $= 2b + 2h$

Oppervlakte $= b \cdot h$



Vierkant

AB//BC en AB//CD

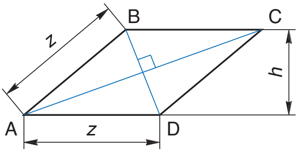
$\angle$A = $\angle$B = $\angle$C = $\angle$D = 90°

AD = BC = AB = CD = z

Diagonaal AC = BD = $z\sqrt{2}$

Omtrek $= 4z$

Oppervlakte $= z^2 = \frac{1}{2}$AC^2



Ruit

AD//BC en AB//DC

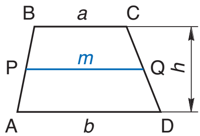
AB = BC = CD = AD = z

$\angle$BAD = $\angle$BCD

$\angle$ABC = $\angle$ADC

Omtrek = 4z

Oppervlakte = $z \cdot h = \frac{1}{2}$AC $\cdot$ BD



Trapezium

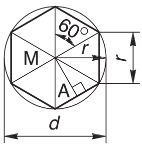
AD//BC//PQ

m = middenparallel

AP = PB = en CQ = QD

Omtrek = AB + BC + CD + AD

Oppervlakte = $\frac{1}{2}(a + b)h = m \cdot h$



Regelmatige zeshoek

Straal cirkel = r

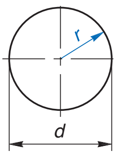
Middellijn cirkel = d

Zijde zeshoek = $r = \frac{1}{2}d$

MA = $\frac{1}{2} r \sqrt{3} = \frac{1}{4} d \sqrt{3}$

Omtrek = 6r = 3d

Oppervlakte = $1\frac{1}{2} r^2\sqrt{3} = \frac{3}{8} d^2\sqrt{3}$

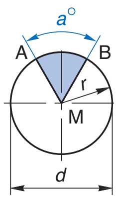


Cirkel

Omtrek = $2 \pi r = \pi d$

Oppervlakte = $\pi r^2 = \frac{1}{4} \pi d^2$

= 0,785 d^2



Cirkelsector

Lengte boog AB = $\dfrac{a°}{360°} 2 \pi r$

Lengte boog AB = $\dfrac{a°}{360°} \pi d$

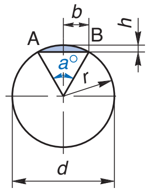
Omtrek = lengte boog + 2r

Oppervlakte = $\dfrac{a°}{360°} \pi r^2 = \dfrac{a°}{360°} \dfrac{\pi}{4} d^2$

Oppervlakte = boog AB $\times \frac{1}{2}$ straal

De middelpuntshoek

(van sec AMB) = $a°$



Cirkelsegment

Boog AB = $\dfrac{a°}{360°} 2 \pi r$

Boog AB = $\dfrac{a°}{360°} \pi d$

Koorde AB = 2b

Pijl = h

$r = \dfrac{b^2 + h^2}{2h}$

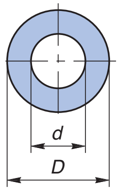
Omtrek = lengte boog + koorde

Oppervlakte = sector − driehoek

Opp. = $\dfrac{a°}{360°} \pi r^2 - r \cdot b$

Oppervlakte = koorde $\times \frac{2}{3}$ pijl

Oppervlakte = $2b \cdot \frac{2}{3}h = 1\frac{1}{3} b \cdot h$



Cirkelring

$D = 2R$; $d = 2r$

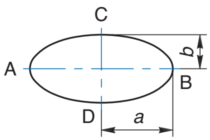
Oppervlakte cirkelring

$= \frac{1}{4}\pi D^2 - \frac{1}{4}\pi d^2$

$= \frac{1}{4}\pi (D^2 - d^2)$

$= \frac{1}{4}\pi (D + d)(D - d)$

$= \pi (R + r)(R - r)$



Ellips

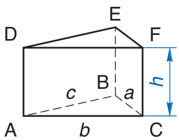
AB = lange as = $2a$

CD = korte as = $2b$

Omtrek = $\pi(a + b)$ neem *hier* $\pi = 3{,}18$ (benaderd)

Oppervlakte = πab ($\pi = 3{,}14$)

1.6.3 Meetkundige lichamen



Recht prisma

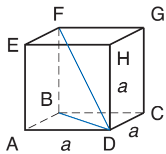
Zijdelingsoppervlakte

= omtrek grondvlakte

· hoogte = $(a + b + c)h$

Inhoud = oppervlakte grondvlak

· hoogte



Kubus

Vlakdiagonaal

BD = $a\sqrt{2}$

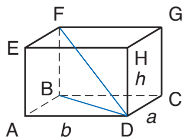
Lichaamsdiagonaal

DF = $a\sqrt{3}$

Oppervlakte grondvlak = a^2

Totale oppervlakte = $6a^2$

Inhoud = a^3



Recht parallellepipedum

Vlakdiagonaal

BD = $\sqrt{(a^2 + b^2)}$

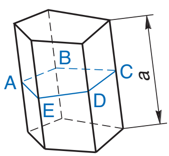
Lichaamsdiagonaal

DF = $\sqrt{(a^2 + b^2 + h^2)}$

Totale oppervlakte

$= 2(a \cdot b + b \cdot h + a \cdot h)$

Inhoud = $a \cdot b \cdot h$

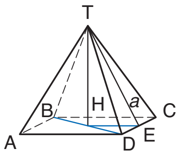


Scheef prisma

ABCD is een vlak loodrecht op de ribben

Zijdelings oppervlakte = omtrek loodrechte doorsnede ABCDE · opstaande ribbe a

Inhoud = oppervlakte loodrechte doorsnede ABCDE · opstaande ribbe a



Piramide

TH = hoogte

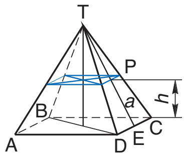
TE = apothema a = schuine hoogte

Zijdelongse oppervlakte

= omtrek grondvlak $\cdot\ \frac{1}{2}$ apothema

Inhoud

= $\frac{1}{3}$ · oppervlakte grondvlak · hoogte



Afgeknotte piramide

PE = apothema a

Zijdelingse oppervlakte

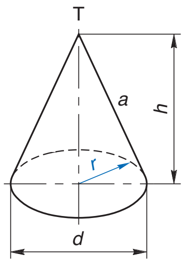
=(omtrek grondvlak + omtrek bovenvlak)

$\cdot\ \frac{1}{2}$ apothema a

Oppervlakte grondvlak = G

Oppervlakte bovenvlak = B

Inhoud = $\frac{1}{2}h(G + B + \sqrt{B \cdot G})$



Kegel

PQ = apothema $a = \sqrt{r^2 + h^2}$

Oppervlakte kegelmantel

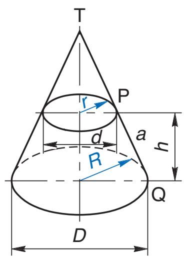
$= \pi\, r \cdot a = \frac{1}{2}\pi\, d \cdot a$

Inhoud

= $\frac{1}{3}$grnodvlak = hoogte

$= \frac{1}{3}\pi\,^2h = \frac{1}{3} \cdot \frac{1}{4}\pi\, d^2 \cdot h$

$= \frac{1}{12}\pi\, d^2h$



Afgeknotte kegel

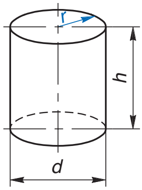
PC = apothema a

Oppervlakte kegelmantel $= \pi\,(R + r)a$

Oppervlakte grondvlak $= \pi\, R^2 = \frac{1}{4}\pi\, D^2$

Oppervlakte bovenvlak $= \pi\, r^2 = \frac{1}{4}\pi\, d^2$

Inhoud $= \frac{1}{3}\pi\, h(R^2 + r^2 + R \cdot r)$



Cilinder

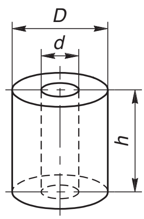
Oppervlakte cilindermantel

$= \pi d \cdot h$

Inhoud

= grondvlak × hoogte

$= \frac{1}{4}\pi\, d^2 \cdot h$



Holle cylinder

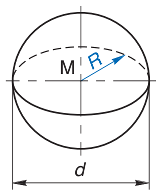
Inhoud

$= \frac{1}{4}\pi\,(D^2 - d^2)h$

$= \pi\,(R^2 - r^2)h$

$= \frac{1}{4}\pi\,(D + d)(D - d)h$

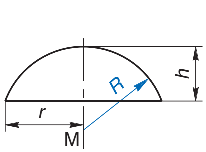
$= \pi\,(R + r)(R - r)$



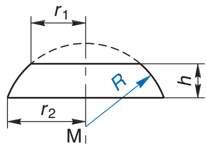
Bol

Oppervlakte $= 4\pi\, R^3 = \pi\, d^2$

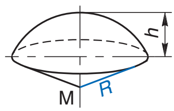
Inhoud $= \frac{4}{3}\pi\, R^3 = \frac{1}{6}\pi\, d^3$



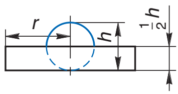
Bolsegment
Oppervlakte bolle deel
$= 2\pi R \cdot \mathrm{h}$
Inhoud $= \frac{1}{2}\pi r^2 h + \frac{1}{6}\pi h^3$
= inhoud van een cylinder
+ een bol

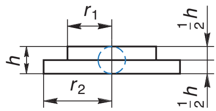


Bolschijf
Oppervlakte bolle deel $= 2\pi R \cdot h$
Inhoud
$= \frac{1}{2}\pi r_1^2 h + \frac{1}{2}\pi r_2^2 \cdot h + \frac{1}{6}\pi h^3$
= inhoud van twee cylinders
+ een bol

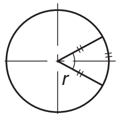


Bolsector
Oppervlakte bolle deel $= 2\pi R \cdot h$
Inhoud $= 2\,\pi\,R \cdot h \cdot \frac{1}{3}R = \frac{1}{3}\pi\,R^2 h$





1.6.4 De radial



Een hoek van 1 rad is de middelpuntshoek van een cirkel, die op de omtrek een boog afsnijdt die in lengte gelijk is aan de straal.

Dus: $360° = 2\pi$ rad
$180° = \pi$ rad
$$1\,\mathrm{rad} = \frac{180°}{\pi} = 57°17'45.8'$$

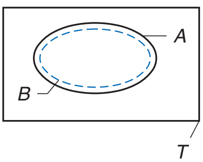
1.7 Verzamelingen

1.7.1 Symbolen

symbool	omschrijving
$\{\ldots\}$	verzameling
$\varnothing$	lege verzameling
$\{\ \ \}$	lege verzameling
$a \in V$	a is een element van V
$b \notin V$	b is geen elelment van V
$V \ni a$	V bevat het element a
$V \not\ni b$	V bevat het element b niet
$A \subset B$	A is een deelverzameling van B
$B \not\subset C$	B is geen deelverzameling van C
$B \supset A$	B bevat de verzameling A
$C \not\supset B$	C omvat de verzameling B niet
$A \cap B$	doorsnede van A en B

symbool	omschrijving
$A \cup B$	vereniging van A en B
$A \backslash B$	het verschil van A en B (d.w.z. A min B)
$B \backslash A$	het verschil van B en A (d.w.z. B min A)
$A \triangle B$	symmetrisch verschil van A en B
$\Rightarrow$	als …, dan … (implicatie)
$\Leftarrow$	…, als … (omgekeerde implicatie)
$\Leftrightarrow$	…, dan en slechts dan, als … (bi-implicatie; equivalentie)
$\wedge$	en tevens (conjunctie)
$\vee$	of, d.w.z. en/of (disjunctie)
$\exists$	er bestaat één
$\forall$	voor alle
$\mid$	waarvoor geldt
$\mathbb{N}$	verzameling natuurlijke getallen
$\mathbb{Z}$	verzameling gehele getallen
$\mathbb{Z}^+$	verzameling positieve gehele getallen
$\mathbb{Z}^-$	verzameling negatieve gehele getallen
$\mathbb{Q}$	verzameling rationale getallen
$\mathbb{R}$	verzameling reële getallen
$\mathbb{C}$	verzameling complexe getallen
$\#$	kardinaalgetal
$\wp$	partitie
T	totaalverzameling
$\overline{A}$	complement van A
$\overline{a}$	inverse van a
[a, b]	gesloten interval $\langle x \in \mathbb{R} \mid a \leqq x \leqq b\}$
⟨a, b⟩	open interval $\langle x \in \mathbb{R} \mid a < x < b\}$
[a, b⟩	half open interval $\langle x \ni \mathbb{R} \mid a \leqq x < b\}$

1.7.2 Bewerkingen met twee of meer verzamelingen



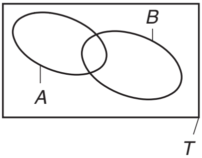
A* = *B

$A = B$ als aangetoond kan worden dat alle elementen van A ook tot B behoren en omgekeerd.

Notatie

$A = B$ als $\forall\, a \in A \;\Rightarrow\; a \in B \wedge \forall\, b \in B \;\Rightarrow\; b \in A$

Lees: verzameling A is gelijk aan verzameling B als voor alle ($\forall$) elementen a van verzameling A geldt ($\Rightarrow$) dat ze ook elementen van verzameling B zijn en tevens ($\wedge$) dat voor alle ($\forall$) elementen b van verzameling B geldt dat zij ook elementen van verzameling A zijn.

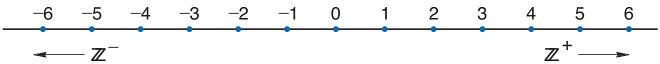


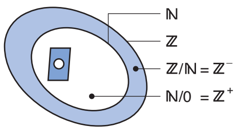
A ≠ B
$A \neq B$ als aangetoond kan worden dat één element van A niet tot B behoort of als één element van B niet tot A behoort.
Notatie
$A \neq B$ als $\exists\, a \in A \;\Rightarrow\; a \notin B \vee \exists\, b \in B \;\Rightarrow\; b \in A$

1.7.3 Getalverzamelingen

Natuurlijke getallen
$\mathbb{N} = \{0, 1, 2, 3, \ldots\}$
$\mathbb{N}$ is de verzameling van natuurlijke getallen: alle positieve gehele getallen inclusief 0. Onder een natuurlijk getal verstaan we het kardinaal getal van een eindige verzameling (0 is het kardinaalgetal van de lege verzameling).

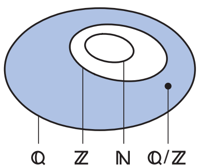
Gehele getallen
$\mathbb{Z} = \{\ldots, -3, -2, -1, 0, 1, 2, \ldots\}$
$\mathbb{Z}$ is de verzameling van gehele getallen: alle positieve en negatieve getallen. Onder een negatief geheel getal verstaan we de *inverse* van een positief geheel getal. Op de getallenlijn ligt de inverse van een positief geheel getal aan de andere zijde van 0. Is a een positief geheel getal en $\mathbb{Z}$ zijn inverse dan geldt:
$a + \mathbb{Z} = 0$ of $\mathbb{Z} = -a$





$\mathbb{Z}^- = \mathbb{Z} \setminus \mathbb{N} =$ de verzameling negatieve gehele getallen
$\mathbb{Z}^+ = \mathbb{N} \setminus 0 =$ deverzameling positieve gehele getallen
$\mathbb{Z} = \mathbb{Z}^+ + 0 + \mathbb{Z}^-$

Rationale getallen
$\mathbb{Q} = \{\ldots, -2, -1\tfrac{1}{5}, \tfrac{1}{3}, 0, 1, 2, 2\tfrac{1}{2}, \ldots\}$



$\mathbb{Q}$ is de verzameling van rationale getallen.
Elk rationaal getal is voor te stellen als een deling van twee gehele getallen.
$\mathbb{Z} \subset \mathbb{Q}$, immers $3 = \frac{3}{1}, 0 = \frac{0}{1}, -1 = \frac{-1}{1}$, enz.
$\mathbb{Q} \setminus \mathbb{Z}$ is de verzameling van echte breuken. Elk rationaal getal heeft een *multiplicatieve inverse* (multipliceren = vermenigvuldigen). Is het rationale getal $\frac{a}{b}$ dan is de multiplicatieve inverse $\frac{b}{a}$. Voor elk rationaal getal en zijn multiplicatieve inverse geldt:
$\frac{a}{b} \times \frac{b}{a} = 1$

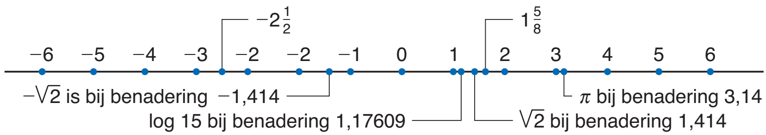
Uitzondering: alle rationale getallen met 0 in de teller hebben geen multiplicatieve inverse.

Immers van $\frac{0}{-2}, \frac{0}{1}, \frac{0}{3}$, zijn de multiplicatieve inversen achtereenvolgens $\frac{-2}{0}, \frac{1}{0}, \frac{3}{0}$, hetgeen irreële getallen zijn. Ook $\frac{0}{0}$ is een irreëel getal (irreëel is 'onbestaanbaar').

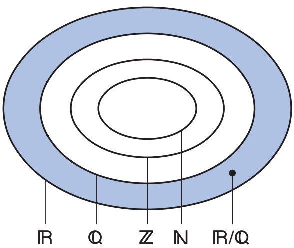
Reële getallen

$\mathbb{R} = \{\ldots, -5, -3, -2\frac{1}{4}, 2, 0, 1, \log 15, 1\frac{5}{8}, \pi, 6, \ldots\}$

$\mathbb{R}$ is de verzameling van reële getallen, d.w.z. van rationale getallen en irrationale getallen. *Irrationale getallen* zijn getallen die *bij benadering* rationaal zijn; zij bevinden zich ook op de getallenlijn en vullen a.h.w. de 'gaatjes' tussen de rationale getallen op.



$\mathbb{R}\backslash\mathbb{Q}$ = de verzameling irrationale getallen



1.7.4 Opbouw van het tientallig stelsel

Decimaal getal						
Decimale	**Opbouw van het getal**					
schrijfwijze	**10^4**	**10^3 = 1 000**	**10^2 = 100**	**10^1 = 10**	**10^0 = 1**	**Waarde**
1					1	= 1
10				10 +	0	= 10
100			100 +	0 +	0	= 100
1 000		1 000 +	0 +	0 +	0	= 1 000
10 000	10 000 +	0 +	0 +	0 +	0	= 10 000
15				10 +	5	= 15
248			200 +	40 +	8	= 248
3 876		3 000 +	800 +	70 +	6	= 3 876
10 934	10 000 +	0 +	900 +	30 +	4	= 10 934

1.7.5 Opbouw van een binair getal

Binair getal						
Binaire	Opbouw van het getal					
schrijfwijze	$2^4 = 16$	$2^3 = 8$	$2^2 = 4$	$2^1 = 2$	$2^0 = 1$	Waarde
001					1	= 1
010				2 +	0	= 2
011				2 =	1	= 3
100			4 +	0 +	0	= 4
101			4 +	0 +	1	= 5
110			4 +	2 +	0	= 6
111			4 +	2 +	1	= 7
1 000		8 +	0 +	0 +	0	= 8
1 001		8 +	0 +	0 +	1	= 9
1 010		8 +	0 +	2 +	0	= 10
1 011		8 +	0 +	2 +	1	= 11
1 100		8 +	4 +	0 +	0	= 12
1 101		8 +	4 +	0 +	1	= 13
1 110		8 +	4 +	2 +	0	= 14
1 111		8 +	4 +	2 +	1	= 15
10 000	16 +	0 +	0 +	0 +	0	= 16
10 001	16 +	0 +	0 +	0 +	0	= 17
10 010	16 +	0 +	0 +	2 +	0	= 18
10 011	16 +	0 +	0 +	2 +	1	= 19
10 1000	16 +	0 +	4 +	0 +	0	= 20

1.7.6 Voor meer informatie

NEN	omschrijving
NEN 999	Het internationale stelsel van eenheden (SI).

