



---

## **Bouwfysica tabellen, formules**

Klimaatgegevens	2
Tabellen en formules Warmte en vocht	2
Tabellen en formules Akoestiek	9
Formules geluid	14
Verlichting	15



## Klimaatgegevens

### – Buitenklimaat

(bewerkt naar gegevens van het KNMI te De Bilt)

In tabel 1 worden voor De Bilt de maandgemiddelden gegeven van

- temperatuur ( $\bar{T}_a$ )
- waterdampspanning ( $\bar{p}_a$ ).

Tabel 1 Maandgemiddelden te De Bilt van temperatuur en waterdampspanning

maand	$\bar{T}_a$ (°C)	$\bar{p}_a$ (Pa)
januari	2,3	650
februari	2,5	650
maart	4,9	720
april	7,8	855
mei	12,4	1095
juni	14,8	1316
juli	16,6	1525
augustus	16,0	1575
september	13,6	1375
oktober	9,6	1095
november	5,0	860
december	2,9	715

In tabel 2 wordt het aantal uren gegeven dat een bepaalde temperatuur jaarlijks wordt overschreden. Tussen haakjes is aangegeven hoeveel van de aangegeven uren binnen kantoor tijd (7.00–19.00 uur, 5 dagen per week) vallen.

Tabel 2 Aantal uren dat een bepaalde buitentemperatuur wordt overschreden

temperatuur (°C)	aantal uren dat deze temperatuur wordt overschreden
–10	35 (8)
– 5	180 (45)
0	781 (202)
5	2 432 (661)

### – Binnenklimaat

Voor de verschillende klimaatklassen kan worden aangegeven wat de gemiddelde waterdampspanning gedurende de winter maanden ( $\bar{P}_{iw}$ ) is. Tevens wordt aangegeven wat bij een temperatuur van ca. 20 °C de bijbehorende relatieve vochtigheid ( $\varphi_{iw}$ ) is.

Deze indeling van de klimaatklassen is gebaseerd op hetgeen in publikatie nr. 51 van de Stichting Bouwresearch wordt gegeven.

- I  $\bar{P}_{iw} = 700$  Pa;  $\varphi_{iw} = 30\%$  (indien verwarmd): gebouwen met te verwaarlozen vochtproductie, zoals schuurtjes, transformatorhuisjes, garages en opslagruimten
- II  $\bar{P}_{iw} = 935$  Pa;  $\varphi_{iw} = 40\%$ : gebouwen met vrij geringe vochtproductie, zoals woningen, kantoren en winkels (alle zonder luchtbevochtiging)
- III  $\bar{P}_{iw} = 1170$  Pa;  $\varphi_{iw} = 50\%$ : gebouwen met een hogere vochtproductie, zoals scholen, bejaardentehuizen en gebouwen met geringe luchtbevochtiging
- IV  $\bar{P}_{iw} = 1400$  Pa of hoger;  $\varphi_{iw} = 60\%$  of hoger: gebouwen met hoge vochtproductie, zoals wasserijen, zwembaden, zuivelfabrieken en gebouwen met sterke luchtbevochtiging, zoals drukkerijen en textiel-fabrieken.

## Tabellen en formules voor warmte en vocht

- globale benadering hoeveelheid inwendige condensatie in de winterperiode

$$m = \frac{100}{\sum \mu \cdot d} \quad [\text{g/m}^2] \quad \text{voor klimaatklasse I}$$

$$m = \frac{600}{\sum \mu \cdot d} \quad [\text{g/m}^2] \quad \text{voor klimaatklasse II}$$

$$m = \frac{1000}{\sum \mu \cdot d} \quad [\text{g/m}^2] \quad \text{voor klimaatklasse III}$$

hierin is:

- $m$  de hoeveelheid gedurende de winter condenserend vocht in  $\text{g/m}^2$
- $\sum \mu \cdot d$  de som van de  $\mu \cdot d$ -waarden van het binnenoppervlak af tot aan de plaats waar de condensatie plaatsvindt

- Warmteoverdracht door straling tussen twee evenwijdige vlakken

$$q_s = \frac{\varepsilon_1 \cdot \varepsilon_2}{\varepsilon_1 - \varepsilon_1 \cdot \varepsilon_2 + \varepsilon_2} \cdot 56,7 \cdot 10^{-9} \cdot (T_1^4 - T_2^4) \quad [\text{W/m}^2]$$

Hierin is:

- $q_s$  de netto stralingsoverdracht in  $\text{W/m}^2$
- $\varepsilon_1, \varepsilon_2$  de emissiecoëfficiënt van oppervlak 1 respectievelijk oppervlak 2
- $T_1, T_2$  de temperatuur in Kelvin van oppervlak 1 en 2.



- Warmteafgifte door straling met de onderstaande formule.

$$q_s = \varepsilon \cdot 56,7 \cdot 10^{-9} \cdot T^4 = \varepsilon \cdot q_{sz} \text{ [W/m}^2\text{]}$$

Hierin is:

- $q_s$  de warmtestroomdichtheid van de afgegeven straling in  $\text{W/m}^2$
- $\varepsilon$  de emissiecoëfficiënt van het materiaaloppervlak
- $T$  de absolute temperatuur in K
- $q_{sz}$  de warmtestraling van het 'zwarte lichaam'
- $56,7 \cdot 10^{-9}$  constante van Stefan-Boltzmann

- Formule voor de berekening van de Thermische-Isolatie-Index

$$I_t = \frac{80 \frac{A_o}{V} (1 - \bar{k}) + 30}{4 \frac{A_o}{V} + 1}$$

Hierin is:

- $A_o$  het totale buitenoppervlak van de gebouwomhulling
- $V$  het totale volume binnen dit oppervlak
- $\bar{k}$  de gemiddelde warmtedoorgangcoëfficiënt van de gebouwomhulling.

Tabel 3 Hygroscopisch vochtgehalte van verschillende materialen

materiaal	$\varphi = 40\%$	$\varphi = 65\%$	$\varphi = 95\%$
grindbeton	2	3	7
hout	6	10	18
baksteen enz.	-	-	-
kalkzandsteen	2	4	10
pleisterlagen	1	2	4
houtwolcement	2	3	6

Tabel 4 Emissie/absorptiecoëfficiënt voor warmtestraling bij enkele materiaaloppervlakken

materiaaloppervlak	$\varepsilon$
glanzend gepolijste metalen	0,02–0,07
verzinkt staal	0,20–0,30
aluminium normaal glad	0,07–0,09
aluminium geanodiseerd	0,40–0,50
aluminium lak	0,35–0,40
normale lak, iedere kleur	0,90–0,95
baksteen, beton, dakleer, hout en praktisch alle andere bouwmaterialen	0,90–0,95

Tabel 5 Uitzetting van diverse materialen

materiaal	lineaire uitzettingscoëfficiënt $\alpha$ ( $\text{m/m} \cdot \text{K}$ )
baksteen	$5 \cdot 10^{-6}$ (0,000005)
beton	$10 \cdot 10^{-6}$
staal	$12 \cdot 10^{-6}$
aluminium	$23 \cdot 10^{-6}$
polystyreenschuim	$70 \cdot 10^{-6}$
polyurethaanschuim (gecacheerde plaat)	$27 \cdot 10^{-6}$
geschuimd glas	$9 \cdot 10^{-6}$

Tabel 6 Warmteweerstanden ( $R_w$ ) van enkele veel toegepaste constructie-, afwerk- en afdekragen

laag	$R_w$ ( $\text{m}^2 \cdot \text{K/W}$ )
flexibele dakbedekking, al dan niet voorzien van een grindverzwaring	0,04
dakbedekking van pannen incl. de luchtlaag tussen de pannen dakbeschot	0,06
pleisterlaag tegen een binnenoppervlak	0,02

Waarden afkomstig uit tabel 15 van de NEN 1068.

Tabel 7 Rekenwaarden voor de warmtetransmissiecoëfficiënt van ramen en deuren\*

type raamconstructie	$k$ in $\text{W/m}^2 \cdot \text{K}$		
	hout, kunststof	geïsoleerde metalen profielen	niet geïsoleerde metalen profielen
type beglazing			
enkele beglazing	5,7	5,7	5,7
enkel raam; dubbel glas met ten minste 6 mm spouw	3,3	3,5	3,7
enkel raam; dubbel glas met ten minste 12 mm spouw	3,0	3,3	3,5
dubbel raam met 20 tot 50 mm spouw	3,0	3,0	3,5

\* Voor massieve houten buitendeuren zonder raam mag worden aangehouden:  $k = 3,5 \text{ W/m}^2 \cdot \text{K}$ .  
Voor houten binnendeuren mag worden aangehouden:  $k = 2,8 \text{ W/m}^2 \cdot \text{K}$ .



Tabel 8 Maximaal toelaatbare gemiddelde  $k$ -waarde van een gebouw bij diverse waarden voor de thermische-isolatie-index  $I_t$ , afhankelijk van de verhouding tussen de grootte van het buitenoppervlak en het volume

$A_o/V$ ( $m^2/m^3$ )	$\bar{k}_{max}$ ( $W/m^2 \cdot K$ ) bij			
	$I_t = 8$	$I_t = 10$	$I_t = 12$	$I_t = 15$
0,15	2,43	2,17	1,90*	1,50
0,17	2,22	1,97	1,72*	1,35
0,20	1,98	1,75	1,53*	1,19
0,25	1,70	1,50	1,30	1,00
0,30	1,52	1,33	1,15	0,88
0,35	1,39	1,21	1,04	0,79
0,40	1,29	1,13	0,96	0,72
0,50	1,15	1,00	0,85	0,63
0,60	1,06	0,92	0,78	0,56
0,70	0,99	0,86	0,72	0,52
0,90	0,91	0,78	0,65	0,46
1,20	0,83	0,71	0,59	0,41

\* Bij de eisen van de Rijksgebouwendienst blijft hier de waarde 1,30 staan.

Tabel 9 Richtwaarden voor de zonweringsgegevens, de lichttoetreding en de  $k$ -waarde voor verschillende raamsystemen

raamsystemen	ZTA	CF	LTA	$k$ ( $W/m^2 \cdot K$ )
enkelglas (6 mm), onafgeschermd	0,80	0,01	0,84	5,7
enkelglas, binnenjaloezieën (lichte kleur)	0,45	0,50	0,15	5,4
enkelglas, buitenjaloezieën	0,15	0,05	0,12	4,9
dubbelglas, onafgeschermd	0,70	0,04	0,74	3,2
dubbelglas, binnenjaloezieën (lichte kleur)	0,47	0,55	0,12	3,1
dubbelglas, binnenweefsel met opgedampte metaallaag				
– licht	0,50	0,30	0,30	3,0
– zwaar	0,30	0,50	0,05	2,9
dubbelglas, buitenjaloezieën	0,12	0,05	0,10	2,8
dubbelglas verticaal gespannen doek				
– licht	0,20	0,10	0,15	2,8
– zwaar	0,13	0,15	0,05	2,8
dubbelglas, uitvalschermd (niet aaneengesloten)	0,15	0,15	0,14	2,8
dubbelglas, markies	0,11	0,18	0,05	2,8
zonreflecterend dubbelglas				
– licht	0,45	0,02	0,65	*
– zwaar	0,25	0,05	0,35	*
zonabsorberend dubbelglas				
– licht	0,45	0,06	0,35	3,2
– zwaar	0,25	0,10	0,10	3,2
dubbelglas met spectraal selectieve coating en aangepaste spouwvulling (warmte-isolatie)	0,65	0,05	0,55	1,6
drievoudig glas	0,57	0,07	0,50	2,2

\* Bij ruiten waarbij de reflectie wordt verkregen door een opgedampte metaallaag aan de binnenzijde van de buitenruit, wordt ook warmte-overdracht in de spouw beperkt en kan de  $k$ -waarde dalen tot 1,8 à 2,0  $W/m^2 \cdot K$  en zelfs tot 1,4 à 1,6  $W/m^2 \cdot K$  als ook nog een andere spouwvulling dan lucht wordt toegepast.

N.B. De in de tabel gegeven waarden moeten worden beschouwd als richtwaarden. Specifieke producten kunnen sterk afwijkende eigenschappen hebben. Verder is bij veel constructies (glasvlakken) de hoek van inval van de directe zonnestraling van invloed op de reflectie aan het buitenoppervlak. In deze tabel is uitgegaan van een invalshoek van 45°. Bij jaloezieën is de zonwering daarnaast nog sterk afhankelijk van de lamelstand. In deze tabel is uitgegaan van 45°, dus loodrecht op de zonnestraling.



Tabel 10 Maximale waterdampconcentratie en waterdampspanning in afhankelijkheid van de temperatuur

c <sub>max</sub> g/m <sup>3</sup>	Temp <sup>o</sup> C	De verzadigde waterdampspanning p <sub>s</sub> in N/m <sup>2</sup>									
		,0	,1	,2	,3	,4	,5	,6	,7	,8	,9
39,56	+35	5627	5657	5688	5720	5752	5784	5816	5848	5880	5912
37,54	34	5323	5352	5381	5412	5443	5472	5503	5533	5564	5595
35,62	33	5033	5061	5090	5118	5146	5176	5205	5234	5264	5293
33,77	32	4757	4785	4812	4838	4866	4893	4921	4949	4977	5005
32,02	31	4496	4521	4546	4573	4598	4625	4650	4677	4704	4730
30,34	30	4245	4270	4294	4319	4344	4369	4393	4418	4443	4469
28,73	29	4007	4031	4054	4078	4102	4125	4149	4173	4197	4221
27,21	28	3782	3803	3826	3848	3871	3893	3915	3939	3962	3984
25,75	27	3567	3588	3610	3630	3651	3674	3695	3716	3738	3760
24,36	26	3363	3383	3403	3423	3443	3463	3484	3504	3530	3546
23,05	25	3169	3188	3207	3226	3246	3264	3284	3303	3323	3343
21,78	24	2985	3003	3022	3040	3058	3076	3095	3114	3132	3151
20,55	23	2811	2828	2844	2861	2879	2896	2915	2932	2949	2967
19,43	22	2645	2661	2677	2693	2710	2727	2744	2760	2778	2793
18,35	21	2488	2504	2518	2535	2549	2565	2581	2597	2613	2629
17,28	20	2340	2353	2368	2382	2397	2412	2428	2442	2457	2473
16,30	19	2198	2212	2225	2240	2253	2268	2281	2296	2310	2325
15,37	18	2065	2077	2090	2104	2117	2130	2144	2157	2170	2184
14,47	17	1938	1950	1962	1978	1988	2001	2014	2026	2034	2052
13,65	16	1818	1830	1842	1854	1866	1878	1890	1902	1914	1926
12,85	15	1706	1717	1728	1739	1750	1761	1773	1784	1796	1808
12,07	14	1599	1609	1619	1630	1641	1651	1662	1673	1684	1696
11,35	13	1498	1507	1518	1527	1538	1547	1558	1569	1578	1589
10,65	12	1403	1413	1422	1431	1441	1450	1459	1469	1478	1489
10,01	11	1313	1321	1331	1339	1349	1358	1366	1375	1385	1394
9,40	10	1229	1237	1245	1253	1262	1270	1278	1287	1295	1305
8,82	9	1148	1156	1164	1172	1179	1187	1195	1203	1212	1220
8,27	8	1072	1080	1087	1095	1103	1110	1118	1126	1132	1140
7,76	7	1002	1008	1016	1023	1030	1036	1044	1051	1059	1066
7,28	6	935	942	948	955	962	968	975	982	988	995
6,83	5	872	879	884	891	898	903	910	916	923	928
6,40	4	814	819	826	831	836	843	848	855	860	867
5,99	3	758	763	768	775	780	786	791	796	802	808
5,59	2	706	711	716	722	727	732	736	742	747	752
5,21	1	657	661	667	671	676	681	685	691	696	701
4,84	+ 0	611	615	620	624	628	633	637	643	647	652
4,84	- 0	611	605	600	596	591	587	581	576	572	567
4,48	- 1	563	557	553	548	544	539	535	531	525	521
4,14	- 2	517	513	508	504	500	496	492	488	484	480
3,82	- 3	476	472	468	464	460	456	452	448	444	440
3,53	- 4	437	433	429	425	423	419	415	412	408	404
3,26	- 5	401	397	395	391	388	384	381	377	375	371
3,01	- 6	368	365	361	359	356	352	349	347	344	340
2,77	- 7	337	335	332	329	327	323	320	317	315	312
2,55	- 8	309	307	304	301	299	296	293	291	288	285
2,34	- 9	283	281	279	276	273	271	269	267	264	261
2,15	-10	260	257	255	252	251	248	245	244	241	240
1,98	-11	237	235	233	231	229	227	225	223	221	219
1,82	-12	217	215	213	211	209	207	205	204	201	200
1,67	-13	199	196	195	193	191	189	188	185	184	183
1,53	-14	181	179	177	176	175	173	171	169	168	167
1,41	-15	165	164	163	160	159	157	156	155	153	152
1,29	-16	151	149	148	147	145	144	143	141	140	139
1,18	-17	137	136	135	133	132	131	129	128	127	125
1,08	-18	124	124	123	121	120	119	117	116	116	115
0,99	-19	113	112	111	111	109	108	107	105	105	104
0,90	-20	103	101	101	100	98,7	98,7	97,4	96,0	94,7	94,7



Tabel 11 Dichtheid  $\rho$ , warmtegeleidingscoëfficiënt  $\lambda$ , soortelijke warmte  $c$  en dampdiffusieweerstandsgetal  $\mu$  van bouwmaterialen

Bron: Stichting Bouwresearch publicatie nr. 9, 1974. Eigenschappen van bouw- en isolatiematerialen.

Materiaal-soort	$\rho$ (kg/m <sup>3</sup> )	$\lambda$ (W/m.K)		$c$ (J/kg.K)	$\mu$ -
		I <sup>1)</sup>	II <sup>1)</sup>		
<u>Metalen</u>					
Lood	12250	35	35	130	$\infty$
Koper	9000	370	370	390	$\infty$
IJzer	7900	72	72	530	$\infty$
Staal	7800	41-52	41-52	480-530	$\infty$
Zink	7200	110	110	390	$\infty$
Aluminium	2800	200	200	880	$\infty$
<u>Natuursteen</u>					
Basalt	3000	3,5	3,5	840	-
Graniet	3000	3,5	3,5		-
Kalksteen	2750	2,3	2,9		-
Hardsteen	2750	2,3	2,9		-
Marmer	2750	2,3	2,9		-
Zandsteen	2000-2300	2-4	4-6		15
Tufsteen	1100-1500	0,35-0,50	0,5-0,7		5-10
<u>Metselstenen</u>					
Gevelklinkers	2100	0,8	1,3	840	31
Hardgrauw	1700-1900	0,65-0,70	1,0-1,2		9-14
Rood/Boerengrauw	1700	0,65	1,0		9
	1500	0,55	0,85		8
	1300	0,45	0,75		7,5
Isolatiesteen	1000	0,30	-		-
Kalkzandsteen	2000	1,0	1,5		25
<u>Grindbeton</u>					
Verdicht gewapend	2500	1,9	2,3	840	37-200
Verdicht ongewapend	2400	1,7	2,2		31-200
Niet verdicht gewapend	2300	1,4	1,9		27-200
Niet verdicht ongewapend	2200	1,3	1,7		23-200
<u>Lichte betonsoorten</u>					
Algemene indicatie	1900	0,95	1,4	840	13,0
	1600	0,70	1,2		8,0
	1300	0,45	0,8		7,5
	1000	0,35	0,5		6,5
	700	0,23	-		5,5
	500	0,17	-		4,5
300	0,12	-	3,5		
200	0,08	-	2,8		

<sup>1)</sup> Kolom I heeft betrekking op omstandigheden waarbij het vochtgehalte overwegend bepaald wordt door het binnenklimaat.  
Kolom II slaat op omstandigheden waarbij gemiddeld op een hoger vochtgehalte moet worden gerekend.



Tabel 11 (vervolg)

Materiaalsoort	$\rho$ (kg/m <sup>3</sup> )	$\lambda$ (W/m.K)		c (J/kg.K)	$\mu$ -
		I ')	II ')		
Bimsbeton	700-1000	0,23-0,35		840	6
	1000-1400	0,35-0,50			6,5-12
Beton met geëxpandeerde klei e.d. als toeslag	500-1000	0,18-0,35		840	5-6,5
	1000-1800	0,35-0,85			6,5-12
Polystyreenschuimbeton	220	0,07			4,5-5,5
	400	0,11			16-20
	650	0,20			-
	1300	0,50	1,2		7,5-9
Cellenbeton	1000	0,35	0,7		5,5-7,5
	700	0,23		840	4,5-7,5
	400	0,17			3-7,5
Cellenbeton op cementbasis	400-750	0,17-0,26			3,7-6,5
Cellenbeton op kalkbasis					
	1900	0,70	1,0		14
Hoogovenslakkenbeton	1600	0,45	0,7	840	10
	1300	0,30	0,45		8
	1000	0,23	0,35		6,5
<u>Andere anorganische materialen</u>					
Asbestcement	1600-1900	0,35-0,70	0,95-1,2		37-150
Gipsplaten	800-1400	0,23-0,46	(-)-0,65		6
Glas (spiegelglas en vensterglas)	2500	0,8	0,8	840	-
Glaskeramiek	2500	1,4	1,4		-
Schuimglas	120-150	0,05-0,06			-
Minerale toeslag voor beton	50-800	0,04-0,23			-
Minerale wol	35-250	0,041			1,1-1,8
<u>Pleisterlagen</u>					
Cementpleister	1900	0,93	1,5	840	15-41
Kalkpleister	1600	0,70	0,8		9-41
Gipspleister	1300	0,52	0,8		7-10
<u>Tegels</u>					
Hardgebakken tegels	2000	1,2	1,3	840	28
Plavuizen	1700	0,8	1,1		23
<u>Organische materialen al dan niet gebonden</u> (met uitzondering van houtprodukten en kunststoffen)					
Geëxpandeerde kurk	100-200	0,041-0,046		1760	4,5-29
Geëxpandeerde geïmpregneerde kurk	100-200	0,041-0,046		1760	9-46
Linoleum	1200	0,17		1470	1800
Rubber	1200-1500	0,17-0,29		1470	900
Geëxpandeerde eboniet	100	0,035		1470	450-900
Rietvezelplaat	250-350	0,08-0,09		2100	3
Strovezelplaat	200-400	0,08-0,12		2100	3
Vlasschevenplaat gebonden met kunsthars	300-700	0,08-0,17		1880	7-46
Vlasscheven cementplaat	330-700	0,08-0,12		1470	3,5-7
<u>Houtprodukten</u>					
Hardhout	800	0,71 <sup>1)</sup>	0,23 <sup>1)</sup>	1880	-
Naaldhout	550	0,14 <sup>1)</sup>	0,17 <sup>1)</sup>		-
Triplex-multiplex	700	0,17	0,23		-
Hardboard	1000	0,29		1680	46-75
Zachtboard	250-300	0,08		2100	-
	450	0,10			-
Spaanplaat	600	0,15		1880	-
	1000	0,29			-
Houtspaan-cementplaat	350-700	0,09-0,21		1470	3,7-10
Houtwolcementplaat					
Houtwolmagnesiumplaat	400-500	0,10-0,12			3,7-10



Tabel 11 (slot)

Materiaalsoort	$\rho$ (kg/m <sup>3</sup> )	$\lambda$ (W/m.K)		c (J/kg.K)	$\mu$ -
		I ')	II ')		
<b>Harde kunststoffen</b>					
Polyesterplaat (met glasvezels versterkt)	1200	0,2		1470	9000
Polyetheen	920-950				
Polymethacrylaat	1200				
Polypropeen	900				
Polyvinylchloride	1400				
ABS polymeren	1100				
<b>Kunststofschuimen</b>					
Polystyreenschuim geëxpandeerd	15-30	0,035	0,021-0,035 <sup>3)</sup>	1470	23-150
Polystyreenschuim geëxtrudeerd	30-40	0,027 <sup>2)</sup>			150-300
Ureumharsschuim	8-20	0,054 <sup>2)</sup>			1,5-3
Polyurethaanschuim (met freon geblazen)	30-60	0,035 <sup>3)</sup>			23-185
Fenolharsschuim (hard)	25-200	0,035			3,7
Polyvinylchlorideschuim	25-50	0,035			92-260

Opmerking: wanneer twee waarden van  $\rho$  en  $\lambda$  zijn gegeven kan  $\lambda$  voor tussengelegen waarden van  $\rho$  lineair worden geïnterpoleerd.

- 1) Loodrecht op de vezels.
  - 2) Bij toepassing als spouwvulling.
  - 3)  $\lambda$  kan bij veroudering ten gevolge van het verdwijnen van de freonvulling stijgen tot 0,035 W (m.K).
- over de  $\mu$ -waarden van houtproducten is nog weinig bekend. Bovendien hangt de  $\mu$ -waarde in zeer sterke mate af van het vochtgehalte.

Tabel 12 Dampremmende lagen

Benaming	$d$ (10 <sup>-3</sup> m)	$\mu$ (10 <sup>3</sup> -)	$\mu d$ (m)
Gebblazen bitumen	-	70-120	1
Asfaltbitumenvilt 330-37	-	-	20
Gebitumineerd glasvlies	-	-	20-180
Bezand asfaltbitumenvilt 500-56	2,6	-	50
Teervilt 280-40/45	-	-	14
Eënzijdig gebitumineerd papier	0,1	-	0,7
Flintkote (bitumenmengsel)	-	0,75	-
Polyesterfolie	0,1	13	1,3
Polystyreenfolie	0,1	42	4,2
Polyvinylchloridefolie	0,1	10-100	1-10
Polyetheenfolie	0,1	50-100	5-10
Asfaltbitumen met aluminiumfolie inlage	-	-	100-∞
Eënzijdig met kunststof gecacheerd aluminiumfolie 0,06 mm	-	-	100
Tweezijdig met kunststof gecacheerd aluminiumfolie 0,08 mm	-	-	160

Bij de samenstelling van deze tabel werd ook gebruik gemaakt van enkele door 'Vedidak' ter beschikking gestelde gegevens.

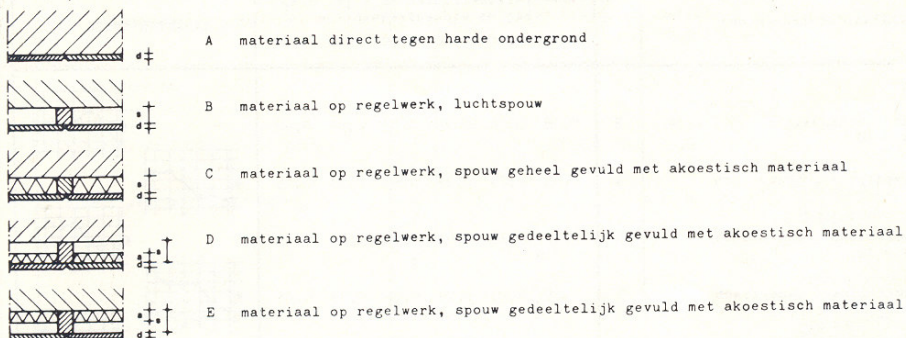




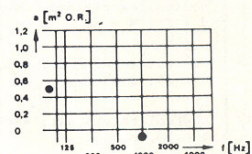
## Tabellen akoestiek

Tabel 13 Akoestische absorptiecoëfficiënten

Bron: Bouwfysisch Tabellarium t.b.v. de colleges van Prof. Ir. A. C. Verhoeven, TH-Delft, vakgroep Bouwfysica, september 1977.



REFERENTIEKARAKTERISTIEK



nr.	MATERIAAL (maten in mm)	TYPE	absorptiecoëfficiënten $\alpha$ [ $m^2$ O.R.] bij de middenfrequenties						KARAKTERISTIEK
			125	250	500	1000	2000	4000	
STEENACHTIGE MATERIALEN									
1	grindbeton, ca. 500 kg/m <sup>2</sup>		0,01	0,01	0,02	0,02	0,03	0,04	
2	gasbeton, 70 kg/m <sup>2</sup>		0,14	0,19	0,24	0,32	0,41		
3	bimsbeton		0,15	0,40	0,60	0,60	0,60	0,60	
4	schoon baksteenmetselwerk		0,02	0,03	0,03	0,04	0,05	0,07	
PLEISTERS									
5	kalkcement pleisterwerk, direct op steenachtige ondergrond	A	0,01	0,01	0,02	0,02	0,02	0,04	
6	akoestische pleister, in enige lagen aan te brengen	A	0,15	0,20	0,35	0,60	0,6	0,5	
7	sputasbest	A	0,29	0,24	0,65	0,79	0,88	0,65	
AKOESTISCHE MATERIALEN									
8	zachtboard (ongeverfd), d = 19, s = 23	B	0,13	0,72	0,59	0,76	0,90	0,92	
9	halfhardboard (ongeverfd), d = 6,2; s = 50	B	0,24	0,20	0,09	0,04	0,04	0,12	
10	spaanplaat, 5,0 kg/m <sup>2</sup> , d = 8, s = 30	B	0,25	0,22	0,04	0	0,03	0,08	



Tabel 13 (vervolg)

nr.	MATERIAAL (maten in mm)	TYPE	absorptiecoëfficiënten $\alpha$ [ $m^2$ O.R.] bij de middenfrequenties						KARAKTERISTIEK
			125	250	500	1000	2000	4000	
11	spaanplaat (lichtgewicht). $6,4 \text{ kg/m}^2$ , $d = 19, s = 50$	B	0,16	0,58	0,75	0,53	0,54	0,42	
12	houtwolcementplaat, akoestisch $d = 25$	A	0,15	0,23	0,23	0,51	0,73	0,75	
13	houtwolcementplaat, akoestisch $d = 25, s = 10$	B	0,30	0,26	0,51	0,91	0,79	0,95	
14	houtwolcementplaat, akoestisch $d = 25, s = 30$	B	0,25	0,29	0,79	0,76	0,74	0,93	
15	houtwolcementplaat, akoestisch $d = 25, s = 50$	B	0,11	0,33	0,67	0,53	0,64	0,80	
16	houtwolcementplaat, akoestisch $d = 25, s = 80$	B	0,23	0,55	0,64	0,57	0,81	0,80	
17	houtwolcementplaat, akoestisch $d = 25, s = 30$	C	0,43	0,80	1,00	0,79	0,80	0,98	
18	houtwolcementplaat, akoestisch $d = 25, s = 80, a = 30$	D	0,76	1,00	0,90	0,73	0,94	0,95	
19	kurkplaten, akoestisch met verflaap $d = 20, s = 25$	B	0,08	0,15	0,44	0,54	0,38	0,60	
20	kunststofschuimplaat (polystyreen) $d = 10, s = 4$	B	0,05	0,11	0,31	0,73	0,58	0,47	
21	houtcellulose, gesaust, $d = 22$	A	0,07	0,20	0,60	1,00	1,13	1,13	
GEPERFOREERDE PLATEN									
22	gipskarton, ongeperforeerd $d = 9,5, s = 100, a = 30$	D	0,28	0,14	0,09	0,06	0,05	0,10	
23	gipskarton, geperforeerd 6%, $d = 9,5$ , $s = 100, a = 30$ , gaatjes $\varnothing 8, \varnothing 15, \varnothing 20$	D	0,39	0,81	0,68	0,44	0,25	0,20	
24	gipskarton, geperforeerd 19,6%, $d = 9,5$ , $s = 100, a = 30$ , gaatjes $\varnothing 15$	D	0,30	0,69	1,01	0,81	0,66	0,62	
25	gipskarton met zaagsleuven, $d = 9,5$ , $s = 30, a = 20$ , sleuven 2,3	D	0,10	0,26	0,92	0,55	0,20	0,10	
26	asbestcementplaat, ongeperforeerd $d = 4, s = 50$	B	0,43	0,15	0,10	0,05	0,04	0,02	
27	asbestcementplaat, geperforeerd 16% $d = 4, s = 50$	C	0,13	0,65	0,90	0,82	0,82	0,77	
SCHROOTJES									
28	houten latten, breed 85, tussenruimte 25 mm, $d = 12, s = 200, a = 25$	E	0,60	0,85	0,80	0,82	0,70	0,62	
29	houten latten, breed 45, tussenruimte 16 mm, minerale wol op bitumenpapier in de spouw. $d = 25, s = 50, a = 20$	E	0,19	0,36	0,73	0,50	0,25	0,31	
30	aluminium lamellen, breed 50, tussen- ruimte 12,5 mm. $d = 0,3, s = 176$ , $a = 20$	D	-	0,89	1,00	0,88	0,88	0,61	



Tabel 13 (slot)

nr.	MATERIAAL (maten in mm)	TYPE	absorptiecoëfficiënten $\alpha$ [ $m^2$ O.R.] bij de middenfrequenties						KARAKTERISTIEK
			125	250	500	1000	2000	4000	
VLOERBEDEKKING									
31	linoleum, gelijmd op ondergrond	A	0,02	-	0,03	-	0,04	-	
32	parket, gelijmd op ondergrond	A	0,04	0,04	0,06	0,12	0,10	0,15	
33	tapijt, 1,87 kg/m <sup>2</sup> , d = 4,5	A	0	0,02	0,04	0,15	0,36	0,32	
34	tapijt, 1,87 kg/m <sup>2</sup> , met onderlaag (8 mm vilt), d = 4,5	A	0,05	0,13	0,60	0,24	0,28	0,32	
35	tapijt, 1,98 kg/m <sup>2</sup> , d = 5,3	A	0	0,03	0,05	0,11	0,31	0,58	
36	tapijt, 1,98 kg/m <sup>2</sup> , met onderlaag (8 mm vilt), d = 5,3	A	0,04	0,10	0,31	0,70	0,93	0,74	
37	kokosvloerbedekking, los op ondergrond, 2 kg/m <sup>2</sup> , d = 10	A	0,03	0,03	0,07	1,13	0,28	0,55	
DIVERSEN									
38	glas		0,1	0,04	0,03	0,02	0,02	0,02	
39	kunststoffolie, strak gespannen, PVC 0,2 kg/m <sup>2</sup> , d = 0,2, s = 20	B	0	0	0,64	0,19	0,12	0,04	
40	kunststoffolie, geplooid 3:1, PVC 0,2 kg/m <sup>2</sup> , d = 0,2, s = 20	B	0	0,13	0,51	0,66	0,59	0,30	
41	gordijn, katoen, strak gespannen s = 50, ca. 0,4 kg/m <sup>2</sup>	B	0,04	0,09	0,37	0,68	0,89	0,72	
42	gordijn, katoen, geplooid 3:1 s = 50, ca. 0,4 kg/m <sup>2</sup>	B	0,15	0,45	0,96	0,91	1,06	1,02	
43	één zittend persoon		0,15	0,30	0,45	0,45	0,45	0,45	
44	één persoon in ruimte met veel nagalm (bijv. kerk)		0,65	0,75	0,85	0,95	0,95	0,80	
45	publiek (incl. orkest) per m <sup>2</sup>		0,52	0,68	0,85	0,97	0,93	0,85	
46	houten stoel (onbezet)		0,02	0,02	0,02	0,04	0,04	0,03	
47	beklede stoel (onbezet)		0,15	0,30	0,30	0,40	0,40	0,40	

**Opmerking:** Bovenstaande tabel geeft slechts globale waarden ontleend aan de literatuur. Vollediger gegevens met nauwkeuriger waarden met produktomschrijving, leveranciers, enz. zijn te vinden in:

- Bobran, H.W.: Handbuch der Bauphysik. Berlin, Ullstein, 1967.
- Bouwcentrum/Ratiobouw: Akoestische materialen. Uitgave NL 1962.
- Deutscher Normenausschuss (DNA): Schallabsorptionsgrad-Tabelle. Berlin, Beuth-Vertrieb, 1968.
- Furrer, W.: Room and building acoustics and noise abatement. London, Butterworths, 1964.
- Hartmann, G.: Praktische Akustik; Band 2: Raum- und Bauakustik. München, Oldenbourg, 1968.



Tabel 14 Grensfrequentie voor coïncidentie bij verschillende materialen

materiaal	$f_g \cdot d$	voorbeeld		voorbeeld	
		$d$ (mm)	$f_g$ (Hz)	$d$ (mm)	$f_g$ (Hz)
aluminium	12500	2	6250	5	2500
staal	12800	1	12800	3	4267
glas	12800	4	3200	8	1600
beton	17300	120	144	200	87
gasbeton	38000	80	475	200	190
kalkzandsteen	21400	105	204	210	102
poriso	26000	50	520	90	289
lichtbeton	32000	80	400	200	160
gips	35500	50	710	70	507
gipskarton	35500	9	3944	15	2367
hout	25000	12	2083	22	1136
spaanplaat	25000	8	3125	18	1389
lood	51200	0,5	102400	2	25600

Tabel 15 Normwaarden luchtgeluidisolatie

octaafband met middenfrequentie, in Hz	125	250	500	1000	2000
normwaarde voor de genormeerde luchtgeluidisolatie ( $D_{nT}$ ), in dB	34	43	50	53	54

Tabel 16 Normwaarden contactgeluidniveau

octaafband met middenfrequentie, in Hz	125	250	500	1000	2000
normwaarde voor het genormeerde contactgeluidniveau ( $L_{nT}$ ), in dB	70	66	66	66	70

Tabel 17 Verzwakking of versterking volgens de A-weging

frequentie in Hz	A-weging in dB
63	-26,1
125	-16,1
250	-8,6
500	-2,6
1000	0,0
2000	1,2
4000	1,0
8000	-1,0

Tabel 18 Richtwaarden voor de nagalmtijd in verschillende ruimten

goed gemeubileerde kamer	$T = \text{ca. } 0,5 \text{ s}$
kantoorvertrek	$T = 0,5-0,7 \text{ s}$
kantoorruimte	$T = 0,7-0,9 \text{ s}$
schoollokaal	$T = 0,6-0,8 \text{ s}$
muzieklokaal	$T = 0,8-1,2 \text{ s}$
schouwburg	$T = 0,9-1,3 \text{ s}$
kamermuziekzaal	$T = 1,2-1,5 \text{ s}$
opera	$T = 1,2-1,6 \text{ s}$
concertzaal	$T = 1,7-2,3 \text{ s}$
kerk (orgelmuziek)	$T = 1,5-2,5 \text{ s}$

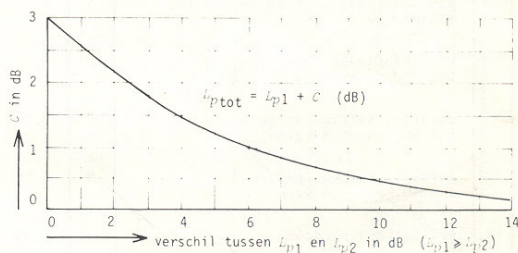


Fig. 1 Optellen van geluidrukniveaus

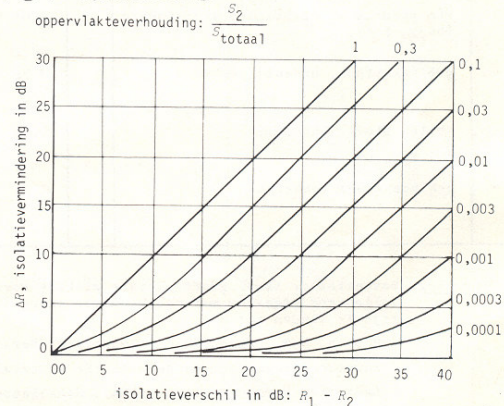


Fig. 2 Isolatievermindering van een wand ten gevolge van een gedeelte met kleinere isolatie



Tabel 19 Toelaatbare geluidniveaus in werkvertrekken

vertrek/arbeid	stoorgeluid van buiten e.d. $L_{eq}$ in dB(A)		achtergrondgeluid van installaties e.d. $L_{95}$ in dB(A)	
	voorkeur	max	voorkeur	max
in éénpersoonsvertrekken bij studie, denkarbeid enz. in leeszalen	30–35	40	30–35	40
in één- of meerpersoonskamers bij ontwerptechniek, redactioneel werk enz. in vergaderzaal in leslokaal	35–40	45	30–35	40
in grotere kantoorruimten bij administratieve werkzaamheden, tekenwerk, enz.	40	45	35	40
in grote kantoorzalen bij typen, mechanische administratie enz.	45	50	40	45
in telex- en computerruimten enz.	45–55	60	45–55	60

Opmerking: in grote kantoorzalen (kantoorruimten) is het vaak wenselijk een achtergrondgeluidniveau te hebben van 50–55 dB(A). Door dit vrij hoge geluidniveau worden andere geluiden gemaskeerd en wordt de privacy vergroot. Voor kantoorruimten gelden verder nog allerlei aparte voorwaarden.

Tabel 20 Luchtgeluidisolatie

scheiding	luchtgeluidisolatie-index $I_{lu}$ in dB	
	minimale eis	voorkeur
tussen vertrekken van verschillende woningen	0	+5
tussen kantoorvertrekken waarbij grotere privacy (vertrouwelijke gesprekken) gewenst is	0	+5
tussen ruimten met hoge geluidproductie (typekamers, meerpersoonskamers) en stillere vertrekken (éénpersoonskamers)	–5	0
tussen leslokalen	–10	–5
tussen vertrekken binnen dezelfde woning	–15	–10
tussen gelijksoortige, normale kantoorvertrekken	–15	–10
tussen vertrekken en gangen	–20	–15



### Formules geluid

- Geluiddruk niveau

$$L_p = 10 \log \frac{p_{\text{eff}}^2}{p_0^2} \quad [\text{dB}]$$

hierin is:

$L_p$  het geluiddruk niveau in decibel

$p_{\text{eff}}$  de effectieve geluiddruk

$p_0$  de referentie geluiddruk  $2 \cdot 10^{-5}$  Pa

- Geluidintensiteit

$$I = \frac{p^2}{4 \cdot \rho \cdot c} \quad \text{voor een diffuus geluidveld}$$

$$I = \frac{p^2}{\rho \cdot c} \quad \text{voor een vlakke lopende golf}$$

hierin is:

$I$  de geluidintensiteit in  $\text{W}/\text{m}^2$  (energie)

$p$  de geluiddruk in Pa

$\rho$  de soortelijke massa van de lucht in  $\text{kg}/\text{m}^3$

$c$  de geluidssnelheid in m/s

$\rho \cdot c$  voor gemiddelde omstandigheden, getalwaarde ongeveer 400.

- Geluidvermogen niveau

$$L_w = 10 \log \frac{W}{W_0} \quad [\text{dB}]$$

hierin is:

$L_w$  het geluidvermogen niveau in dB

$W$  het geluidvermogen in watt

$W_0$  het referentievermogen  $10^{-12}$  W

- Optellen van geluiddruk niveaus

$$L_{\text{ptotaal}} = 10 \log [10^{L_{p1}/10} + 10^{L_{p2}/10} + 10^{L_{p3}/10} \dots] \quad [\text{dB}]$$

hierin is:

$L_{p1}$  het geluiddruk niveau van geluid 1

$L_{p2}$  het geluiddruk niveau van geluid 2

$L_{\text{ptotaal}}$  het resulterende geluiddruk niveau in decibel.

- Golflengte en frequentie

$$c = f \cdot \lambda \quad [\text{m/s}]$$

waarin:

$c$  = de voortplantingssnelheid van het geluid in m/s

$f$  = de frequentie in Hz

$\lambda$  = de golflengte in m.

- Massa-veerresonantie in spouwconstructies

$$f_0 = 60 \sqrt{\frac{m_1 + m_2}{m_1 \cdot m_2} \cdot \frac{1}{b}} \quad [\text{Hz}]$$

waarin:

$f_0$  = de resonantiefrequentie bij loodrecht invallend geluid

$m_1$  = massa van het ene spouwblad in  $\text{kg}/\text{m}^2$

$m_2$  = idem tweede spouwblad

$b$  = breedte van de spouw in m

- Geluidisolatie van een constructie

$$R = L_1 - L_2 + 10 \log S/A \quad [\text{dB}]$$

waarin:

$L_1$  = het geluiddruk niveau in het zendvertrek in dB

$L_2$  = het geluiddruk niveau in het ontvangvertrek in dB

In de formule komt de verhouding  $S/A$  voor;  $S$  = het oppervlak van de wand;  $A$  = de absorptie in het ontvangvertrek.

- De genormeerde luchtgeluidisolatie volgens NEN 1070

$$D_{nT} = L_1 - L_2 + 10 \log T/T_0 \quad [\text{dB}]$$

waarin:

$D_{nT}$  = de genormeerde luchtgeluidisolatie in dB

$L_1$  = het geluiddruk niveau in het zendvertrek in dB

$L_2$  = idem in het ontvangvertrek

In de formule komt de verhouding  $T/T_0$  voor.  $T$  = de in het ontvangvertrek gemeten nagalmtijd;  $T_0$  = de genormeerde nagalmtijd (= 0,5 s).

- Het genormeerde contactgeluidniveau volgens NEN 1070

$$L_{nT} = L_{co} - 10 \log T/T_0 \quad [\text{dB}]$$

waarin:

$L_{nT}$  = het genormeerde contactgeluidniveau in dB

$L_{co}$  = het in het ontvangvertrek gemeten geluiddruk niveau in dB.



## Verlichting

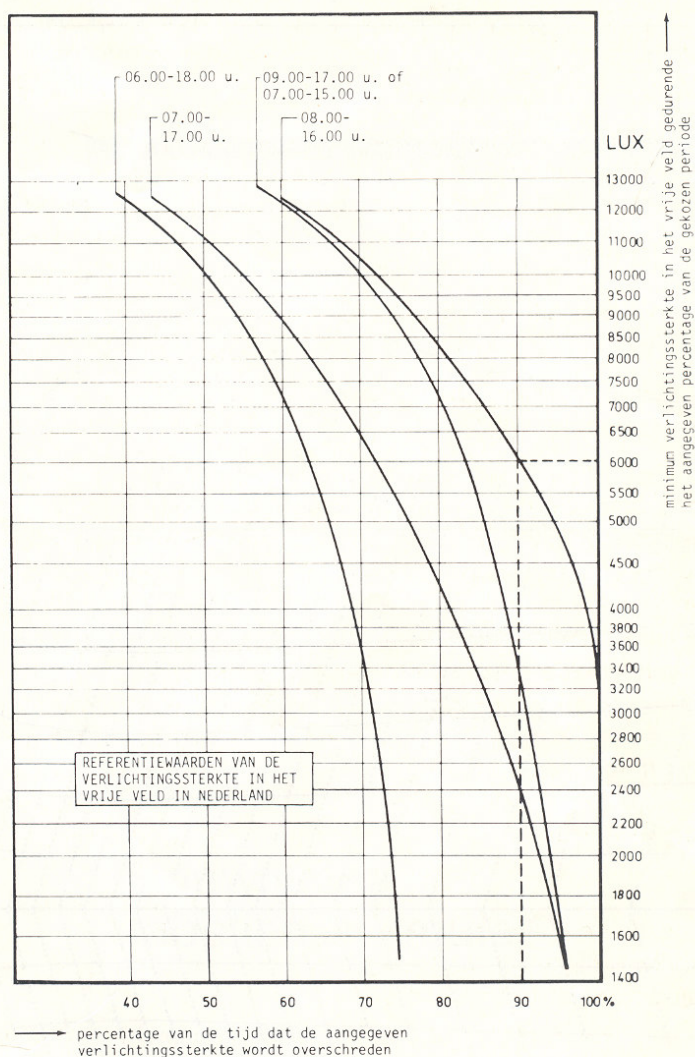


Fig. 3 Verlichtingssterkte in het vrije veld

Tabel 21 Interne reflectiecomponent in % bij diverse reflectiefactoren van de wandafwerking in het vertrek.  
Reflectiefactor plafond ca. 70%, vloer ca. 20%.

glasoppervlak t.o.v. vloeroppervlak in %	reflectiefactor wanden			
	20%	40%	60%	80%
10	0,2	0,3	0,6	0,9
20	0,3	0,6	1,1	1,7
30	0,5	0,9	1,5	2,4
40	0,6	1,2	2,0	3,1

