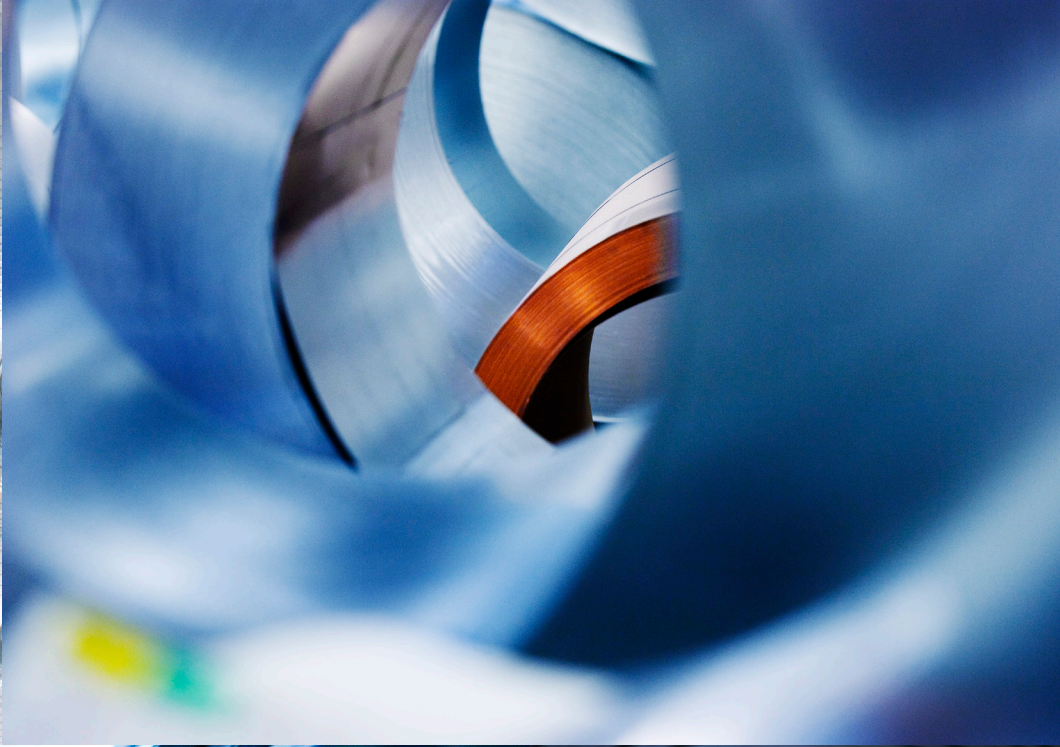




## Lindab **Allmän information och teori**



# För ett bättre klimat

De flesta av oss tillbringar större delen av tiden inomhus. Inomhusklimatet är avgörande för hur vi mår, hur mycket vi orkar och om vi håller oss friska.

Vi på Lindab har därför gjort till vår viktigaste uppgift att bidra till ett inomhusklimat som förbättrar människors liv. Det gör vi genom att utveckla energieffektiva

ventilationslösningar och hållbara byggprodukter. Vi vill också bidra till ett bättre klimat för vår planet genom att arbeta på ett sätt som är hållbart för både människor och miljön.

## Eurovent certification

Lindabs cirkulära kanalsystem med gummipackning, Lindab Safe och Lindab Safe Click, uppfyller kraven för styrka och täthet i klass D enligt Eurovent Certified Performance program för cirkulära kanalsystem tillverkade i metall (DUCT-MC). Kontrollera giltigheten för certifikatet:

[www.eurovent-certification.com](http://www.eurovent-certification.com)



Syftet med Eurovents tredjepartscertifiering är att utvärdera produkterna i ett ventilationssystem enligt en gemensam uppsättning kriterier för alla relevanta funktioner och på så sätt säkerställa prestanda över tid.

Genom att specificera vilka produkter som ingår i Lindabs

certifierade system, Lindab Safe och Lindab Safe Click, förenklas ingenjörens arbete, det finns inget behov att utföra detaljerade jämförelser eller prestandatester. Konsulter, säljare och användare kan göra trygga produktval med försäkran att kataloguppgifterna är korrekta mot en viss nivå. De produkter som är Eurovent-certifierade har Eurovent-logotypen i sidfoten i den tekniska dokumentationen.

Notera: de flesta av produkterna som ingår i ett Lindab Safe och Safe Click kanalsystem är märkbart bättre än täthetsklass D. Dock uppfyller vissa enskilda produkter inte kraven för klass D enligt EN 15727. Dessa produkter är markerade med klass C i den tekniska dokumentationen och kan användas i ett begränsat antal i ett D-klassat ventilationssystem.

## LindQST – Lindab Quick Selection Tool

Lindab Quick Selection Tool är ett avancerat onlineverktyg som hjälper dig att snabbt och enkelt välja bland våra produkter och inneklimat lösningar. Med LindQST kan du simulera ditt rum i Indoor Climate Designer, hålla koll på projekten och dela med dig av dem på ett enkelt sätt. All information finns bara ett musklick bort.



# Mått

## Beteckningar och exempel

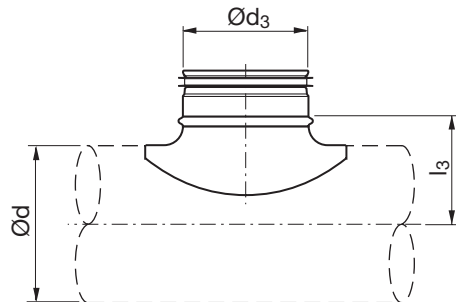
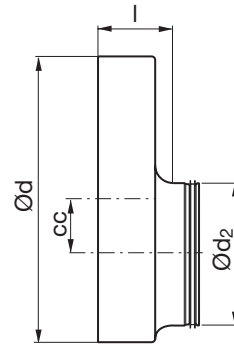
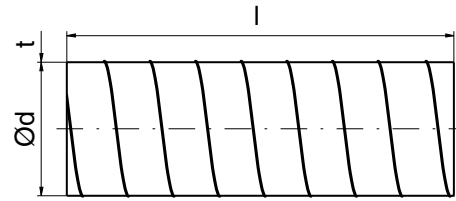
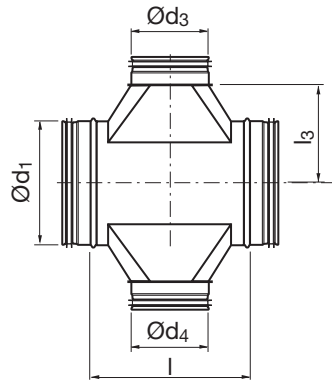
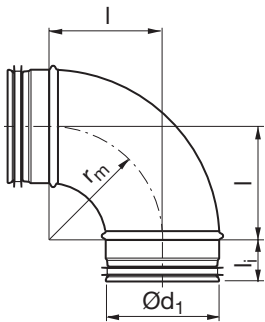
Dessa beteckningar samt måtten på kanalerna och detaljerna är anpassade till CENs normverk.

Längder anges i mm.

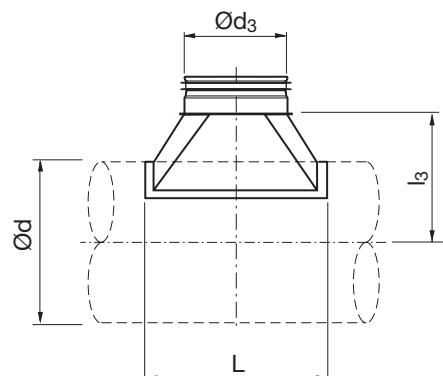
Vinklar anges i grader.

Detaljer med  $\text{Ød1}$ – $\text{Ød4}$  passar i kanaler och detaljer med  $\text{Ød}$ .

Kanal- och muffmått .....	$\text{Ød}$
Nippelmått .....	$\text{Ød1}$ , $\text{Ød2}$ , $\text{Ød3}$ , $\text{Ød4}$
Plåttjocklek .....	$t$
Bygglängd .....	$l$ , $l_1$ , $l_2$ , $l_3$
Krökningsradie .....	$r_m$
Instickslängd .....	$l_i$
Excentricitet .....	$cc$
Detalj längd .....	$L$



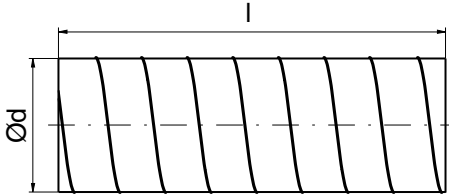
Omkrets .....	$O$
Tvårsnittsarea .....	$A_c$
Massa .....	$m$
Linear massa .....	$m_l$



# Toleranser

**Fet stil markerar standarddimensioner.**  
Mager text markerar mellanliggande dimensioner.

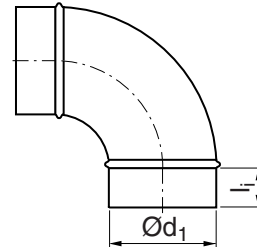
## Kanaler



Enligt EN1506

Ød nom	Toleransområde	
<b>63</b>	<b>63,0</b>	<b>- 63,5</b>
<b>80</b>	<b>80,0</b>	<b>- 80,5</b>
<b>100</b>	<b>100,0</b>	<b>- 100,5</b>
112	112,0	- 112,5
<b>125</b>	<b>125,0</b>	<b>- 125,5</b>
140	140,0	- 140,6
150	150,0	- 150,6
<b>160</b>	<b>160,0</b>	<b>- 160,6</b>
180	180,0	- 180,7
<b>200</b>	<b>200,0</b>	<b>- 200,7</b>
224	224,0	- 224,8
<b>250</b>	<b>250,0</b>	<b>- 250,8</b>
280	280,0	- 280,9
300	300,0	- 300,9
<b>315</b>	<b>315,0</b>	<b>- 315,9</b>
355	355,0	- 356,0
<b>400</b>	<b>400,0</b>	<b>- 401,0</b>
450	450,0	- 451,1
<b>500</b>	<b>500,0</b>	<b>- 501,1</b>
560	560,0	- 561,2
600	600,0	- 601,2
<b>630</b>	<b>630,0</b>	<b>- 631,2</b>
710	710,0	- 711,5
<b>800</b>	<b>800,0</b>	<b>- 801,6</b>
900	900,0	- 902,0
<b>1000</b>	<b>1000,0</b>	<b>- 1002,0</b>
1120	1120,0	- 1122,5
<b>1250</b>	<b>1250,0</b>	<b>- 1252,5</b>
1400	1400,0	- 1402,8
1500	1500,0	- 1502,9
<b>1600</b>	<b>1600,0</b>	<b>- 1603,1</b>

## Detaljer



Enligt EN1506

Ød <sub>1</sub> , d <sub>2</sub> , d <sub>3</sub> , d <sub>4</sub> nom	Toleransområde		l <sub>i</sub> nom
<b>63</b>	<b>61,8</b>	<b>- 62,3</b>	<b>40</b>
<b>80</b>	<b>78,8</b>	<b>- 79,3</b>	<b>40</b>
<b>100</b>	<b>98,8</b>	<b>- 99,3</b>	<b>40</b>
112	110,8	- 111,3	40
<b>125</b>	<b>123,8</b>	<b>- 124,3</b>	<b>40</b>
140	138,7	- 139,3	40
150	148,7	- 149,3	40
<b>160</b>	<b>158,7</b>	<b>- 159,3</b>	<b>40</b>
180	178,6	- 179,3	40
<b>200</b>	<b>198,6</b>	<b>- 199,3</b>	<b>40</b>
224	222,5	- 223,3	40
<b>250</b>	<b>248,5</b>	<b>- 249,3</b>	<b>60</b>
280	278,4	- 279,3	60
300	298,4	- 299,3	60
<b>315</b>	<b>313,4</b>	<b>- 314,3</b>	<b>60</b>
355	353,3	- 354,3	60
<b>400</b>	<b>398,3</b>	<b>- 399,3</b>	<b>80</b>
450	448,2	- 449,3	80
<b>500</b>	<b>498,2</b>	<b>- 499,3</b>	<b>80</b>
560	558,1	- 559,3	80
600	598,1	- 599,3	80
<b>630</b>	<b>628,1</b>	<b>- 629,3</b>	<b>80</b>
710	708,0	- 709,3	100
<b>800</b>	<b>798,0</b>	<b>- 799,3</b>	<b>100</b>
900	897,9	- 899,3	100
<b>1000</b>	<b>997,9</b>	<b>- 999,3</b>	<b>120</b>
1120	1117,8	- 1119,3	120
<b>1250</b>	<b>1247,8</b>	<b>- 1249,3</b>	<b>120</b>
1400	1397,3	- 1398,8	150
1500	1496,9	- 1498,5	150
<b>1600</b>	<b>1596,5</b>	<b>- 1598,2</b>	<b>150</b>

## Längd

l, l <sub>1</sub> , l <sub>3</sub> , etc	Tolerans
0-15	+0 -2
16-100	+0 -5
101-	+0 -10
L	±5

## Vinkel

α	Tolerans
	±2°

## Vikt

±10%

## Plåttjocklek

Enligt tunnplåtsnorm  
EN 10143

# Material

## Korrosiviteitsklasser enligt ISO 12944-2 med miljöexempel

Korrosiviteitskategorier	Korrosivitet	Exempel på typiska miljöer (endast informativt)	
		Extern	Internt
C1	Väldigt låg	-	Uppvärmade byggnader med ren atmosfär, t.ex. kontor, butiker, skolor, hotell.
C2	Låg	Atmosfärer med låg föroreningsnivå: mestadels landsbygdsområden.	Uppvärmade byggnader där kondens kan förekomma, t.ex. depåer, idrottshallar.
C3	Medium	Stads- och industriell atmosfär, måttlig svaveldioxidföroreningar; kustområden med låg salthalt.	Produktionslokaler med hög luftfuktighet och viss luftförorening, t.ex. Livsmedelsindustri, tvätterier, bryggerier, mejerier.
C4	Hög	Industriområden och kustområden med måttlig salthalt.	Kemiska anläggningar, simbassänger, kustfartyg och varv.
C5	Väldigt hög	Industriområden med hög luftfuktighet och aggressiv atmosfär och kustområden med hög salthalt.	Byggnader eller områden med nästan permanent kondens och med hög förorening.
CX	Extrem	Offshoreområden med hög salthalt och industriområden med extrem fuktighet och aggressiv atmosfär och subtropisk och tropiska atmosfärer.	Industriområden med extrem fuktighet och aggressiv atmosfär.

## Plåtkvalitet

### Galv

Detaljer och kanaler från Lindab Ventilations standardprogram tillverkas av varmförzinkad stålplåt.

Detta innebär att basmaterialet ska vara varmt doppad i zink och med en sträckgräns på ca. 200 N / mm<sup>2</sup>, och att galvaniseringen ska vara minimalt som klass Z 275. Denna ytbehandling motsvarar korrosiviteitskategori C3.

Följande material används inom standardområdet:

Kanaler och handgjorda detaljer är tillverkade av materialet EN 10346 – DX51D M-A-C.

Pressade detaljer är tillverkade med materialet EN 10346 – DX54D M-B-C.

### Galvaniserat stål återvunnet (>75%)

Lindab Ventilation erbjuder kanalsystem i varmförzinkat stål med en hög andel återvunnet material. Stålets prestanda är likvärdig med Lindabs standardprogram och uppfyller kraven enligt EN 10346 – DX51D M-A-C.

Detaljer i återvunnet stål tillverkas normalt manuellt.

### Rostfritt stål

Är uppdelad i två grader.

Den lägsta graden är enligt EN 1.4301 (AISI 304) och motsvarar kraven för korrosiviteitskategori C4.

Den högre graden är enligt EN 1.14404 (AISI 316L) och motsvarar kraven för korrosiviteitskategori C5.

Några detaljer som normalt pressas är handgjorda och falsade.

### Zink-Magnesium

Med ytbehandling till ZM 310 menas med dubbelsidigt 310 g zinkmagnesium/m<sup>2</sup>, vilket motsvarar kraven korrosiviteitskategori C5. Normalt är pressade detaljer handgjorda och falsade.

### Aluminium

Är enligt ISO/DIS 209-1. Motsvarar kraven för korrosiviteitskategori C4 utan ytbehandling. Normalt är pressade detaljer handgjorda och falsade.

### Lackade

Produkterna tillverkas som standard av varmförzinkad stålplåt och sedan pulverlackeras invändigt och utvändigt med ett blandat pulver bestående av epoxi och polyester (PE) till en tjocklek av 80 µm.

Lackade produkter enligt ovan uppfyller kraven av korrosiviteitskategori C4.

### Standardfärger

RAL 9010 som är lika med NCS S0502-Y 30 glansenheter

RAL 9003 som är lika med NCS S1002-G 30 glans enheter

Glansen definieras av Gardner 60 ° -skalan. Övriga färger kan göras på begäran.

# Material

## EVIT

Produkter som är lackerade endast på utsidan är till för synliga montage av estetiskt syfte och uppfyller korrosivitetsskategorin C3.

**OBS!** För kanaler på  $\varnothing < 100$  är den maximala längden 1,5 m för invändig lack.

Produkter kan valfritt lackas på endast insidan eller utsidan.

Pulverlackering kan valfritt erhållas i tjocklek upp till 200  $\mu\text{m}$ .

Produkter lackerade med blandat pulver, epoxi plus polyester kan efter en tids UV-exponering få färgförändringar. Därför bör förvaring i solljus undvikas.

## Ytans tjocklek

En ytbehandling enligt klass Z 275 är definierad i EN 10346 och menas med dubbelsidig 275 g zink/m<sup>2</sup>. Z 275 säger således den totala mängden zink på båda sidor av en 1 m<sup>2</sup> stålmetall platta. Tjockleken kan således beräknas som visas.

$$\text{Zinktjockleken} = \frac{\text{Zinkvikt}}{\text{Antal sidor} \cdot \text{zinkdensitet}} =$$

$$= \frac{0,275}{2 \cdot 7140} \cdot 10^6 = 19 \mu\text{m}$$

## Plåttjocklekar

Plåttjocklekens toleranser är definierade i EN 10143. Tjockleken på varje produkt väljs av Lindab för att klara av hantering i ventilation, transporter, byggarbetsplatser och montering av systemet. Om det finns speciella krav för tjockare material kommer innerdiametern vara mindre och speciella åtgärder kan behövas.

## Galvaniskt korrosionstabell

		Material med liten ytarea				
		Galvaniserad	Zink-Magnesium (ZM)	Rostfritt	Aluminium	Lackad (Galv + pulverlackerad)
Material med stor ytarea	Galvaniserad	+	+	+	+	+
	Zink-Magnesium (ZM)	+	+	+	-	+
	Rostfritt	-	-	+	-	+
	Aluminium	+	-	+	+	+
	Lackad (Galv + pulverlackerad)	+	+	+	+	+

+ Inga kända problem i kombination

- Undvik

## Galvanisk korrosion

Utgångspunkten för galvanisk korrosion är att du alltid behöver 4 komponenter:

- En anod, dvs det mindre ädla materialet
- En katod, dvs. det mer ädla materialet
- En galvanisk anslutning, dvs. en elektrolyt, i princip vatten med (några) salter
- Elektrisk kontakt mellan anoden och katoden

Om någon av dessa 4 saknas kommer du inte att ha galvanisk korrosion. Ofta är det enklaste sättet att ta bort den elektriska kontakten mellan anod och katod.

Vi gör skillnad mellan materialet med den stora ytarean (exempel kanalerna) och materialet med den lilla ytarean (exempel: flänsar, hängare, skruvar).

Vår allmänna rekommendation finns i tabellen nedan. Tabellen bör vara ett verktyg för att välja material som i de flesta fall kan monteras ihop, men där är många parametrar som måste samarbeta, vilket gör det är svårt att vara säker på att det fungerar i alla situationer

# Material

## Temperaturgränser för våra material

De skuggade fälten markerar standardutförande

The measures on this page are principally applicable to our "old" range of products mainly manufactured of sheet metal.

The measures cannot unreflectingly be regarded as valid for "any" product e.g. flexible ducts.

Produkt	Material/typ	Drift			
		Kontinuerlig		Intermittent	
		Temperaturgräns			
		min °C	max °C	min °C	max °C
Pressade och sömsvetsade	Förzinkad stålplåt		200 <sup>1</sup>		250 <sup>2</sup>
	Aluminiumplåt		200 <sup>3</sup>		300
	Rostfri stålplåt		500		700
	ZinkMagnesium		100		150
	PE-/EP-lackerade produkter		80		100
Falsade, punktsvetsade och/eller stuknitade	Akryl-kitt	-40	70		
	Silikon-kitt		150		200
Safe-list och spjällbladstättning	EPDM-gummi	-30	100	-50	120
	Silikon-gummi	-70	150	-90	200
Cellgummipackning	EPDM-gummi	-30	100	-50	120
Cellplastpackning	Polyester	-40	70		
Mät nipples	Plast		70		
Spjällaxellagring	Polyamid	-30	150	-50	200
	Mässing		300		
Spjällmotor	Elektrisk	-30	50		
	Pneumatisk	-5	60		
Kanalfilter	Polyester		100		
Dräneringsslang	Etylenvinylacetat och polyetylen	-45	65		
Isolering	Glasull		200		
	Stenull		700		
	Stenull, pappersbeklädd		80		
Ljuddämpare	Polyester		130		180

1. Vid ca 200°C uppstår missfärgningar på förzinkad stålplåt. Detta är snarast en utseendesak och innebär inte ett försämrat korrosionsskydd i normal miljö.
2. Om temperaturen stiger upp mot 300°C kommer man att få en försämrad vidhäftning av zinken med ett sämre korrosionsskydd som följd.
3. Aluminiumplåten kommer att mjukna efter ett par år vid ca 200°C.

# Material

## Safe systemets motståndskraft mot olika ämnen

Tabellen ger en grov guide till hur vissa av materialen som används i Safe-systemet motstår olika ämnen.

Påverkan	Rekommendation	Kod
Knappt påverkad	Rekommenderas	4
Lätt påverkad	Normalt användbar	3
Starkt påverkad	Endast användbar i vissa fall	2
Kraftigt påverkad	Olämplig	1
Information saknas		–

Ämne	Material	EPDM gummi	Silikon gummi	Galva-niserad stålplåt	Ämne	Material	EPDM gummi	Silikon gummi	Galva-niserad stålplåt
<b>A</b> Acetaldehyd		4	4	4	Bleklösningar		4	–	–
Acetamid		4	–	–	Blyacetat		4	–	–
Acetofenon		4	–	–	Blynitrat		4	2	2
Aceton		4	3	4	Blyulfamat		4	–	–
Acetonnitril		4	–	–	Bomullsfröolja		4	–	–
Acetylen		4	3	4	Borax		4	3	4
Acetylklorid		–	–	–	Borbränsle		–	–	–
Adipinsyra		–	–	–	Bordeauxvätska		4	–	–
Akrylnitril		1	–	–	Borsyra		4	4	2
Alkazidlut		1	–	–	Brom	vattenfri	–	–	–
Aluminiumacetat		4	–	–	Brombensen		1	–	–
Aluminiumfluorid		4	–	–	Bromid	flytande	–	1	1
Aluminiumfosfat		4	–	–	Bromsvätska	vegatabilisk, 50 °C	4	–	–
Aluminiumklorid		4	–	–	Bromtrifluorid		1	–	–
Aluminiumnitrat		4	4	2	Bromvatten		–	–	–
Aluminiumsulfat		4	–	–	Bromvätesyra		4	1	1
Alun		4	4	4	Brännolja, dieselolja		1	–	–
Ammoniak	flytande, vattenfri	4	–	–	Brännolja, dieselolja	70 °C	1	–	–
Ammoniakgas	kall	4	4	3	Bränsle B	70 % isooktan, 30 % toulén	1	–	–
Ammoniakgas	varm	3	3	3	Bränsle C	50 % isooktan, 50 % toulén	1	–	–
Ammoniumfosfat		4	–	–	Butadien		2	–	–
Ammoniumhydroxid		4	3	3	Butan		1	4	4
Ammoniumkarbonat		4	–	–	Butanol, butylalkohol	50 °C	4	3	4
Ammoniumklorid		4	–	–	Butanol, butylalkohol	100 °C	–	–	–
Ammoniumnitrat		4	3	3	Butylacetat		3	1	4
Ammoniumpersulfat		4	–	–	Butylacetylricinoleat		4	–	–
Ammoniumsulfat		4	–	–	Butylakrylat		1	–	–
Amylacetat		4	1	4	Butylaldehyd		3	–	–
Amylalkohol, pentanol		4	–	–	Butylalkohol		3	–	–
Amylborat		1	–	–	Butylamin		1	–	–
Amylklornaftalin		1	–	–	Butylbensoat		4	–	–
Amylnaftalin		1	–	–	Butylen		1	–	–
Anilin		3	–	4	Butylglykol		4	–	–
Anilinfärger		3	–	4	Butylkarbinol		4	–	–
Anilinhydroklorid		3	–	–	Butyloleat		3	–	–
Animala fetter		3	3	4	Butylstearat		3	–	–
Arseniksyra		4	4	3	<b>C</b> Cellosolve, etylglykol		3	–	4
Arseniktriklorid		–	–	–	Cellosolveacetat		3	–	4
Asfalt		1	1	1	Citronsyra		4	4	3
Astm-olja	nr 1	1	–	–	Cyanvätesyra		4	–	–
Astm-olja	nr 2	1	–	–	Cyklohexan		1	–	–
Astm-olja	nr 3	1	–	–	Cyklohexanol		1	–	–
Avloppsvatten		4	3	4	Cyklohexanon		3	–	–
<b>B</b> Bariumhydroxid		4	–	–	<b>D</b> Dekalin		–	–	–
Bariumklorid		4	–	–	Denaturerad sprit		4	–	–
Bariumsulfat		4	4	3	Diaceton		4	–	–
Bariumsulfid		4	–	–	Diacetonalkohol		4	–	–
Bensaldehyd		4	–	–	Dibensyleter		3	–	–
Bensen, bensol		1	1	4	Dibensylsebasat		3	–	–
Bensensulfonsyra		–	–	–	Diburylfatalat		4	–	–
Bensin		1	–	–	Dibutylamin		1	–	–
Bensin		1	1	4	Dibutyleter		2	–	–
Bensylalkohol		3	–	–	Dibutylsebasat		3	–	–
Bensylbensoat		3	–	–	Dicyklohexylamin		1	–	–
Bensylklorid		–	–	–	Dieselolja		1	2	4
Benzoesyra		–	–	–	Diesterolja		–	–	–
Betsockerlikör		4	–	–	Dietylamin		3	–	–
Blekkalk		4	–	–	Dietylbenzen		1	–	–

# Material

Ämne	detaljer	Material			Ämne	detaljer	Material		
		EPDM gummi	Silikon gummi	Galvaniserad stålplåt			EPDM gummi	Silikon gummi	Galvaniserad stålplåt
Dietylbenzen	1	-	-	Fluorvätesyra	vattenfri	2	-	-	
Dietylglykol	4	-	-	Fluorvätesyra	koncentrerad, kall	3	1	2	
Dietyleter	1	-	-	Fluorvätesyra	koncentrerad, varm	1	1	1	
Dietylsebasat	3	-	-	Formaldehyd, formalin	40 %	4	-	4	
Difenyl, bifenyl	1	-	-	Formaldehyd, formalin	40 %, 70 °C	-	-	-	
Difenylloxider	4	-	-	Foron		3	-	-	
Diisobutylen	-	-	-	Fosforsyra	20 %	4	-	-	
Diisopropylbenzen	1	-	-	Fosforsyra	45 %	3	1	2	
Diisopropyleter	1	-	-	Fosforsyra	85 %	4	1	1	
Diisopropylketon	4	-	-	Fosforsyra	60 %, 50 °C	4	-	-	
Diklorbenzen	1	-	-	Fosfortriklorid		4	-	-	
Diklorisopropyleter	2	-	-	Fotogen		1	1	4	
Dikvävetetroxid	2	-	-	Framkallningsvätskor		3	-	4	
Dilutin, lacknafta	1	1	4	Freon	11	1	1	4	
Dimetylanilin	3	-	-	Freon	12	3	1	4	
Dimetylformamid, DMF	3	-	-	Freon	13	4	-	4	
Dimetylfitalal	3	-	-	Freon	13 B 1	4	-	-	
Dinitrotoluen	1	-	-	Freon	21	1	-	4	
Dioktylfitalat	3	-	-	Freon	22	4	1	4	
Dioktylsebasat	3	-	-	Freon	31	4	-	4	
Dioxalan	3	-	-	Freon	32	4	-	4	
Dioxan	3	-	-	Freon	112	1	-	4	
Dipenten	1	-	-	Freon	113	1	1	4	
Disvavelsyra	3	-	-	Freon	114	4	1	4	
E Eldningsolja	1	2	4	Freon	114 B 2	1	-	-	
Epiklorhydrin	3	-	-	Freon	115	4	-	4	
Etan	1	-	4	Freon	142 b	4	-	-	
Etanolamin	3	-	-	Freon	152 a	4	-	-	
Etylacetat	3	2	4	Freon	218	4	-	-	
Etylacetatättika	3	-	-	Freon	502	-	-	-	
Etylakrylat	3	-	-	Freon	BF	-	-	-	
Etylalkohol	4	4	4	Freon	C 316	4	-	-	
Etylbenzen	1	-	-	Freon	C 318	4	-	-	
Etylbensoat	3	-	-	Freon	MF	-	-	-	
Etylcellulosa	3	-	-	Freon	TA	4	-	-	
Etylen	-	-	-	Freon	TC	3	-	-	
Etylendiamin	4	-	-	Freon	TF	1	-	-	
Etylendiklorid	2	-	-	Freon	TMC	3	-	-	
Etylenglykol	4	3	4	Freon	T-P35	4	-	-	
Etylenklorhydrin	-	-	-	Freon	T-WD 602	3	-	-	
Etylenklorid	2	-	-	Fumarsyra		-	-	-	
Etylenoxid	2	-	-	Furan, furfuran		2	-	4	
Etylentriklorid	2	-	-	Furfural		3	-	4	
Etyleter	2	-	4	Färgförtunning		1	-	-	
Etylformat	3	-	-	Förkromningsbad		1	-	-	
Etylglykol	3	-	-	G Gallsyra		3	-	-	
Etylglykol, cellosolve	3	-	4	Gasohol	50 % toulen, 30 % isooktan, 20 % metanol	1	-	-	
Etylklorbenzen	1	-	-	Gelatin		4	-	-	
Etylklorid	4	1	-	Gengas		1	-	-	
Etylklorkarbonat	-	-	-	Glaubersalt		3	-	-	
Etylkloroformat	-	-	-	Glycerin		4	4	4	
Etylmerkaptan	1	-	-	Glycerintriacetat		4	-	-	
Etyloxalat	4	-	-	Glycerol, glycerin		4	-	-	
Etylsilikat	4	-	-	Glykoler		4	-	-	
F Fenol	3	2	2	Glykolmonoetyleter, glykol		3	-	-	
Fenylbenzen	1	-	-	Glykolmonoetyleteracetat, glykolacetat		4	-	-	
Fenyletyleter	1	-	-	Glykolmonoetyleterbutyl, butylglykol		4	-	-	
Fenylhydrazin	2	-	-	Glykos		4	4	4	
Fenylhydrazin	3	-	-	Grönlut		4	3	2	
Fettsyror	1	-	-	Gödselvatten		4	3	3	
Fiskolja	-	-	-	H Hartsolja		1	1	4	
Fluor	flytande	2	-	Heptan		1	-	-	
Fluorbenzen	1	-	-	Hexaklorbutadien		1	-	-	
Fluorborsyra	4	-	-	Hexaldehyd		4	-	-	
Fluorerade etrar	4	-	-	Hexan		1	-	-	
Fluorkisel	4	2	2	Hexen		1	-	-	
Fluorkiselsyra	-	-	-	Hexylalkohol, hexanol		2	-	-	
Fluorkiselsyra	4	1	2	Hydraulolja	mineraloljebaserad	1	3	4	
Fluorkloretylen	-	-	-	Hydraulolja	fosfatesterbaserad	4	4	4	
Fluoroljor	4	-	-						

# Material

Ämne	detaljer	Material			Ämne	detaljer	Material		
		EPDM gummi	Silikon gummi	Galvaniserad stålplåt			EPDM gummi	Silikon gummi	Galvaniserad stålplåt
Hydrazin		4	-	-	Kolsyra		4	-	-
Hydrokinon		-	-	-	Koltetraklorid		1	-	-
Hypokloritsyra		3	-	-	Kopparacetat		4	-	-
I Isoamylalkohol		4	-	-	Kopparcyanid		4	-	-
Isoforon		4	-	-	Kopparklorid		4	4	1
Isooktan, bränsle A		1	-	-	Kopparsulfat		4	-	-
Isooktan/toulen, bränsle B och C		-	-	-	Kreosol		1	-	-
Isopropylalkohol		4	-	-	Kreosotolja		1	-	-
Isopropyleter		1	-	-	Kresylsyra		1	-	-
Isopropylklorid		1	-	-	Kromsyra		2	2	1
Isopropylnitrat		3	-	-	Kromsyra	10 %, 50 °C	1	-	-
J Jod		-	-	3	Kumen		-	-	-
Jodoform		4	-	-	Kungsvatten		2	-	-
Jodpentafluorid		1	-	-	Kvicksilver		4	4	4
Jordnötsoolja		2	-	-	Kvicksilverklorid		4	-	-
Järnklorid		4	-	-	Kvicksilversalter	icke-oxiderande	4	4	3
Järnnitrat		4	-	-	Kväve, kvävgas		4	4	4
Järnsalter	icke-oxiderande	4	3	3	L Lack (färger)		1	-	-
Järnsulfat		4	-	-	Lacknafta, dilutin		1	1	4
K Kalcinerad soda		4	-	-	Lavendelolja		1	-	-
Kalciumacetat		4	-	-	Linolja		3	4	4
Kalciumbisulfid		1	-	-	Linoljesyra		1	-	-
Kalciumhydroxid		4	-	-	Isobutylalkohol		4	-	-
Kalciumhypoklorit		4	-	-	Isopropylacetat		4	-	-
Kalciumhypoklorit	pH 7, under 10 g/l	4	1	4	Luft	70 °C	4	-	-
Kalciumhypoklorit	över 10 g/l	3	1	4	Luft	100 °C	4	-	-
Kalciumklorid		4	-	-	Luft	150 °C	3	-	-
Kalciumnitrat		4	3	3	Luft	200 °C	2	-	-
Kalciumsulfid		4	-	-	Lut		4	-	-
Kaliumacetat		4	-	-	Lysgas		1	-	-
Kaliumbikromat		4	-	-	M Magnesiumhydroxid		4	-	-
Kaliumcyanid		4	-	-	Magnesiumklorid		4	4	3
Kaliumhydroxid		4	3	2	Magnesiumsulfat		4	-	-
Kaliumklorid		4	-	-	Majsolja		2	-	-
Kaliumkopparcyanid		4	-	-	Maleinsyra		2	-	-
Kaliumnitrat		4	-	-	Maleinsyreanhydrid		2	-	-
Kaliumpermanganat	25 %, 70 °C	1	-	-	Malonsyra		1	-	-
Kaliumsulfat		4	3	4	Mangansalter	icke-oxiderande	4	4	3
Kalksvavel		4	-	-	Masugngas		-	-	-
Kaprinsyra		-	-	-	Mesityloxid		3	-	-
Karbamid		3	-	-	Metacrylacidmetylester	125 °C	3	-	-
Karbinol		3	-	-	Metan		1	-	-
Karbolsyra, fenol		3	-	-	Metylacetat		3	-	-
Kemtvättvätskor		1	-	-	Metylakrylat		3	-	-
Kerosin		1	-	-	Metylakrylsyra		3	-	-
Kloakvatten		3	-	-	Metylalkohol, metanol, träsprit		4	4	4
Klonrifluorid		1	-	-	Metyl bromid		-	-	-
Klor	torr	2	-	1	Metylbutylketon		4	-	-
Klor	fuktig	2	-	1	Metylcyklopentan		1	-	-
Kloraceton		4	-	-	Metylendiklorid		2	-	-
Kloracetonsyra		3	-	-	Metylenklorid		1	1	4
Klorbensen		1	-	-	Metyletylketon, MEK		4	-	4
Klorbrommetan		3	-	-	Metylfenyleter		2	-	-
Klorbutadien		1	-	-	Metylformiat		3	-	-
Klordioxid		2	-	-	Metylglycolacetat	50 °C	-	-	-
Klordodekan		1	-	-	Metylglykol		3	-	-
Klorerade fenoler		2	-	-	Metylisobutylketon		3	2	4
Klorerat naftalen		1	-	-	Metylisopropylketon		3	2	4
Klor-naftalin		1	-	-	Metylklorid		2	1	4
Klornitroetan		1	-	-	Metylmetakrylat		1	-	-
Kloroform		1	-	-	Metyloleat		3	-	-
Kloropren		1	-	-	Metylsalicylat		3	-	-
Klorsulfonsyra		1	1	1	Mineralolja		1	-	-
Klortoluen		1	-	-	Mjölk		4	4	4
Klorättiksyra		3	-	-	Mjölksyra		4	4	4
Koboltklorid		4	-	-	Monobrombensen		-	-	-
Kokosnötolja		4	-	-	Monoetanolamin		3	-	-
Koldioxid		3	-	-	Monoklorbensen		1	-	-
Koldisulfid, kolsvavla		1	-	-	Monometylanilin		-	-	-
Koloxid		4	-	-	Monometyleter		4	-	-

# Material

Ämne	detaljer	Material			Ämne	detaljer	Material		
		EPDM gummi	Silikon gummi	Galvaniserad stålplåt			EPDM gummi	Silikon gummi	Galvaniserad stålplåt
Myrsyra		4	2	-	Rapsolja	100 °C	3	-	-
Myrsyra	70 °C	3	-	3	Ricinolja		3	-	-
<b>N</b> Nafta		1	-	-	<b>S</b> Salicylsyra		4	4	4
Naftalen		1	-	-	Salmiak		4	-	-
Naftensyra		1	-	-	Salpetersyra	20 %	4	-	2
Natriumacelat		4	-	-	Salpetersyra	20 %, 50 °C	3	1	-
Natriumbikarbonat		4	-	-	Salpetersyra	40 %, 50 °C	3	1	-
Natriumbisulfid		4	-	-	Salpetersyra	50 %, 50 °C	2	1	-
Natriumborat		4	-	-	Salpetersyra	60 %	2	1	-
Natriumcyanid		4	-	-	Salpetersyra	70 %	1	1	-
Natriumfosfat		4	-	-	Salpetersyra	rödrysande	1	1	-
Natriumhydroxid, natronlut, kaustiksoda		4	2	1	Salter (oorganiska) och saltlösningar	mättade, 70 °C	4	-	-
Natriumhypoklorit max 10 g/l fri Cl		4	-	4	Saltlake		4	-	-
Natriumhypoklorit över 10 g/l fri Cl		3	-	4	Saltsyra	utspädd	4	1	-
Natriumkarbonat 20 %, 100 °C		4	-	-	Saltsyra	37 %	4	1	2
Natriumklorid		4	-	-	Saltsyra	37 %, 70 °C	2	1	-
Natriummetafosfat		4	-	-	Saltsyra	10 %, 100 °C	1	-	-
Natriumnitrat		4	4	3	Saltvatten		4	-	-
Natriumperborat		4	-	-	Senapsgas		4	-	-
Natriumperoxid		4	-	-	Silikatestrar		1	-	-
Natriumsilikat		4	-	-	Silikonfetter		4	-	-
Natriumsulfat		4	-	-	Silikonolja		4	-	-
Natriumtiosulfat		4	-	-	Silvernitratt, lapis		4	-	-
Naturgas		1	4	4	Skydrol 500		4	-	-
Nickelacetat		4	-	-	Skydrol 7000		4	-	-
Nickelklorid		4	-	-	Smör		4	-	-
Nickelsulfat		4	-	-	Smör	vattenfritt, 100 °C	2	-	-
Nitrobensen		3	1	4	Smörjoljor		1	1	4
Nitrobensin		2	-	-	Socketlösning		4	4	4
Nitroetan		3	-	-	Sockerrörsläkör		4	-	-
Nitrogen		4	-	-	Sojabönljor		2	-	-
Nitrogenetroxid		2	-	-	Stearinsyra		3	-	-
Nitrometan		3	-	-	Strålning		3	2	4
Nitropropan		4	-	-	Styren		1	1	4
Nitrösa gaser		2	2	4	Sulfitlut		3	-	-
<b>O</b> Octanol		4	-	-	Svartlut		1	-	-
Oktadekan		1	-	-	Svavel		4	4	4
Oktaklortoluen		1	-	-	Svaveldiklorid		-	-	-
Oktan		1	-	-	Svaveldioxid		4	3	3
Oktylalkohol		4	-	-	Svavelhexafluorid		4	-	-
Oleinsyra		3	-	4	Svavelklorid		1	-	2
Oleum		-	-	-	Svavelsyra	10 %, 100 °C	4	-	-
Olivolja		3	3	4	Svavelsyra	60 %	4	1	2
Oxalsyra		4	3	1	Svavelsyra	60 %, 50 °C	4	1	-
Oxiderande saltlösning (KMnO4)25 %, 70 °C		1	-	-	Svavelsyra	60-75 %, 50 °C	3	1	-
Ozon		4	4	2	Svavelsyra	75-80 %, 50 °C	2	1	-
<b>P</b> Palmitinsyra		3	-	4	Svavelsyra	85-96 %, 50 °C	1	1	-
p-Cymer		1	-	-	Svavelsyra	rykande, Oleum	1	1	-
Pentanol, amylalkohol		4	-	-	Svavelsyrlighet		3	1	3
Perkloretylen		1	3	4	Svaveltrioxid		3	2	2
Perklorsyra		3	1	1	Svavelväte	torr	4	4	3
Petroleumolja		1	1	4	Svavelväte	fuktig	4	2	-
Pikrinsyra		3	-	-	Svavelväte	fuktig, varm	3	1	-
Pinen		1	-	-	Svinister		1	-	-
Piperidin		1	-	-	Syre, oxygen	kallt	4	4	4
Pläteringslösning	krom	4	-	-	Syre, oxygen	90-200 °C	1	-	-
Pläteringslösning	övriga	4	3	-	<b>T</b> Tallolja		1	-	-
Polyvinylacetatemulsion		4	-	-	Tennklorid		3	-	-
Pottaska		3	-	-	Tennsyra, garvsyra		4	1	4
Propan, gasol		1	1	4	Terpentin		1	1	4
Propylacetat		3	-	-	Terpineol		2	-	-
Propylalkohol, propanol		4	4	4	Tertiär butanol		3	-	-
Propylamin		2	-	-	Tertiär butylkatekol		3	-	-
Propylen, propen		1	-	-	Tertiär butylmerkaptan		1	-	-
Propylenoxid		3	-	-	Tetrabrommetan		1	-	-
Propylnitrat, isopropylnitrat		3	-	-	Tetrabutyltitanat		4	-	-
Pydraul F-9, fosphateter	80 °C	3	-	-	Tetraetylby		1	-	-
Pyridin		3	-	-	Tetrahydrofuran, THF		3	-	-
Pyrrrol		2	-	-	Tetrakloretan		-	-	-
<b>R</b> Rapsolja		4	4	4					

# Material

Ämne	detaljer	Material		
		EPDM gummi	Silikon gummi	Galvaniserad stålplåt
Tetrakloretylen		1	-	-
Tetrali		1	-	-
Tinner, förtunning		1	-	-
Tionylklorid		1	-	-
Titantetraklorid		1	-	-
Tjära	bituminös	1	2	1
Toluendiisocyanat		4	-	-
Torskleverolja		4	-	-
Toulen, touol		1	1	4
Transformatorolja	klorerade kolväten	1	1	4
Transformatorolja	mineraloljebas	1	3	4
Transmissionsolja		1	-	-
Triarylfosfat		4	-	-
Tributoxietylfosfat		4	-	-
Tributylfosfat		4	-	-
Tributylmerkaptan		1	-	-
Trietanolamin		3	-	-
Trietylamin		1	-	-
Trietylboran	70 °C	2	-	-
Trikloretan, tri		1	2	4
Trikloretylet		1	-	-
Triklorättiksyra		3	-	-
Trikresylfosfat		4	-	-
Trioktylfosfat		4	-	-
Trotyl		1	-	-
Tungolja		1	-	-
Turbinolja		1	-	-
Tvållösningar		4	-	-
Tvättlösningar		4	4	3
Vatten	destillerat	4	4	4
Vatten	färskt	4	4	4
Vatten	färskt och destillerat, 100°C	4	2	4
Vatten	salt	4	4	2
Vegetabiliska oljor		3	4	4
Vin		4	4	4
Vínsyra		3	-	-
Vinylacetylen		4	-	-
Vinylklorid		3	-	-
Vitlut		4	3	-
Väteperoxid	3 %	4	4	4
Väteperoxid	30% 20°C	4	4	4
Väteperoxid	90% 20°C	2	4	4
Vätgas		4	4	4
X Xylen, xylol		1	1	4
Z Zinksalter	icke-oxiderande	4	4	4
Å Ånga	under 150 °C	4	-	-
Ånga	över 150 °C	3	-	-
Ä Ättiksyra	vattenfri	3	2	4
Ättiksyra	30 %	4	3	4
Ättiksyra	10 %, 50 °C	2	-	-
Ättiksyra	25 %, 100 °C	1	-	-
Ättiksyra	50 %, 50 °C	1	-	-
Ättiksyra	kristalliserad	4	3	4
Ö Öl		4	4	4

# SI systemet

## Enheter

I enlighet med internationell praxis tillämpas SI-systemet (Système International d'Unités) i denna katalog. I diagram och tabeller anges ibland måttenheter enligt det "tekniska systemet" parallellt med SI-systemet.

## Några grundenheter

För längd	meter	m
För massa	kilogram	kg
För tid	sekund	s
För elektrisk ström	ampere	A
För temperatur	kelvin	K

## Några härledda enheter

För frekvens	hertz	Hz	1 Hz	= 1/s
För kraft	newton	N	1 N	= 1 kg · m/s <sup>2</sup>
För tryck, mekanisk spänning	pascal	Pa	1 Pa	= 1 N/m <sup>2</sup>
För energi, arbete	joule	J	1 J	= 1 N · m
För effekt watt	W	1 W	= 1 J/s	
För elektrisk potential, elektrisk spänning	volt	V	1 V	= 1 W/A

## Några tilläggsenheter

För tid	minut	min	1 min	= 60 s
	timme	h	1 h	= 3 600 s = 60 min
För plan vinkel	grad	°	1°	= 1/360 av ett varv
För volym	liter	l	1 l	= 1 dm <sup>3</sup>

## Några multipelprefix

Talfaktor	Benämning	Beteckning	Exempel	
10 <sup>12</sup>	tera	T	1 terajoule	1 TJ
10 <sup>9</sup>	giga	G	1 gigawatt	1 GW
10 <sup>6</sup>	mega	M	1 megavolt	1 MV
10 <sup>3</sup>	kilo	k	1 kilometer	1 km
10 <sup>2</sup>	hekto	h	1 hektogram	1 hg
10 <sup>1</sup>	deka	da	1 dekalumen	1 dalm
10 <sup>-1</sup>	deci	d	1 decimeter	1 dm
10 <sup>-2</sup>	centi	c	1 centimeter	1 cm
10 <sup>-3</sup>	milli	m	1 milligram	1 mg
10 <sup>-6</sup>	mikro	μ	1 mikrometer	1 μm
10 <sup>-9</sup>	nano	n	1 nanohenry	1 nH
10 <sup>-12</sup>	piko	p	1 pikofarad	1 pF

# SI systemet

## Omräkningsfaktorer

För några av de storheter, som kan vara aktuella för vår bransch, ges nedan tabeller för omräkning till andra mått.

### Tryck, p

Pa pascal N/m <sup>2</sup>	mm wc mm Aq mm H <sub>2</sub> O	mm Hg (vid 20 °C)	in wg " wg in wc	psi(g) ibf/in <sup>2</sup>	bar
1	0,102	0,007 53	0,004 02	0,000 145	0,000 010 0
9,79	1	0,073 7	0,039 4	0,001 42	0,000 097 9
133	13,6	1	0,534	0,019 3	0,001 33
249	25,4	1,87	1	0,036 1	0,002 49
6 895	704	51,9	27,7	1	0,068 9
100 000	10 215	753	402	14,5	1

### Längd, l

in inch (tum)	ft foot (fot)	yd yard (aln)	m meter	mile
1	0,083 3	0,027 8	0,025 4	0,000 015 8
12,0	1	0,333	0,305	0,000 189
36,0	3,00	1	0,914	0,000 568
39,4	3,28	1,09	1	0,000 621
63 360	5 280	1 760	1 609	1

### Area, A

in <sup>2</sup> sq in	ft <sup>2</sup> sq ft	yd <sup>2</sup> sq yd	m <sup>2</sup> kvadratmeter	ar	ha hektar
1	0,006 94	0,000 772	0,000 645	0,000 006 45	0,000 000 064 5
144	1	0,111	0,092 9	0,000 929	0,000 009 29
1 296	9,00	1	0,836	0,008 36	0,000 083 6
1 550	10,8	1,20	1	0,010 0	0,000 100
155 000	1 076	120	100	1	0,010 0
15 500 031	107 639	11 960	10 000	100	1

### Volym, V

in <sup>3</sup> cu in	l liter	US gal gallon	UK gal gallon	ft <sup>3</sup> cu ft	yd <sup>3</sup> cu yd	m <sup>3</sup> kubikmeter
1	0,016 4	0,004 33	0,003 60	0,000 579	0,000 021 4	0,000 016 4
61,0	1	0,264	0,220	0,035 3	0,001 31	0,001 00
231	3,79	1	0,833	0,134	0,004 95	0,003 79
277	4,55	1,20	1	0,161	0,005 95	0,004 55
1 728	28,3	7,48	6,23	1	0,037 0	0,028 3
46 656	765	202	168	27,0	1	0,765
61 024	1 000	264	220	35,3	1,31	1

# SI systemet

## Hastighet, v

ft/min fpm	km/h Bz	ft/s	mile/h mph	knop kn	m/s
1	0,018 3	0,016 7	0,011 4	0,009 87	0,005 08
54,7	1	0,911	0,621	0,540	0,278
60,0	1,10	1	0,682	0,592	0,305
88,0	1,61	1,47	1	0,869	0,447
101	1,85	1,69	1,15	1	0,514
197	3,60	3,28	2,24	1,94	1

## Volymflöde, q<sub>v</sub>

ft <sup>3</sup> /h cfh	l/min	m <sup>3</sup> /h	ft <sup>3</sup> /min cfm	l/s	m <sup>3</sup> /s
1	0,472	0,028 3	0,016 7	0,007 87	0,000 007 87
2,12	1	0,060 0	0,035 3	0,016 7	0,000 016 7
35,3	16,7	1	0,589	0,278	0,000 278
60,0	28,3	1,70	1	0,472	0,000 472
127	60,0	3,60	2,12	1	0,001 00
127 133	60 000	3 600	2 119	1 000	1

## Massa, m

oz ounce	lb pound	kg kilogram
1	0,062 5	0,028 3
16,0	1	0,454
35,3	2,20	1

## Massaflöde, q<sub>m</sub>

lb/min	kg/s
1	0,007 56
132	1

## Densitet, ρ

kg/m <sup>3</sup>	lb/ft <sup>3</sup>	g/cm <sup>3</sup>	lb/in <sup>3</sup>
1	0,062 4	0,001 00	0,000 036 1
16,0	1	0,016 0	0,000 579
1 000	62,4	1	0,036 1
27 680	1 728	27,7	1

## Kraft, F

N newton	lbf pound-force	kp kilopond
1	0,225	0,102
4,45	1	0,454
9,81	2,20	1

# SI systemet

## Kraftmoment, M

lbf · in	Nm	lbf · ft	kpm
1	0,113	0,083 3	0,011 5
8,85	1	0,738	0,102
12,0	1,36	1	0,138
86,8	9,81	7,23	1

## Energi, arbete, E

J joule Nm, Ws	Btu British thermal unit	kcal kilokalori	kWh
1	0,000 948	0,000 239	0,000 000 278
1 055	1	0,252	0,000 293
4 187	3,97	1	0,001 16
3 600 000	3 412	860	1

## Effekt, P

Btu/h	W watt Nm/s, J/s	kcal/h	hk metrisk hästkraft	hp UK, US horsepower
1	0,293	0,252	0,000 398	0,000 393
3,41	1	0,860	0,001 36	0,001 34
3,97	1,16	1	0,001 58	0,001 56
2 510	735	632	1	0,986
2 544	746	641	1,01	1

## Temperaturdifferens, -förändring, ΔT för K; Δθ för °C

K kelvin	°F grad Fahrenheit	°C grad Celsius
1	1,80	1,00
0,556	1	0,556
1,00	1,80	1

## Samhörande temperaturer

K	°F	°C	Fysikaliskt förhållande
<b>0,00</b>	-460	-273	Absoluta nollpunkten
255	<b>0,00</b>	-17,8	Blandning av salmiak och snö
<b>273</b>	32,0	<b>0,00</b>	Isens smältpunkt
293	68,0	20,0	Luftens normaltemperatur
311	<b>100</b>	37,8	Människokroppens normaltemperatur
373	<b>212</b>	<b>100</b>	Vattnets kokpunkt

## Omräkning mellan temperaturer

$$^{\circ}\text{C} = (^{\circ}\text{F} - 32) \times 5/9 \quad ^{\circ}\text{C} = \text{K} - 273,15$$

$$^{\circ}\text{F} = ^{\circ}\text{C} \times 9/5 + 32 \quad \text{K} = ^{\circ}\text{C} + 273,15$$

# SI systemet

## Grekiska bokstäver

Grekiska bokstäver används i teknisk och vetenskaplig text bl a för att beteckna storheter. I ro uttalas vokalen som å.

I ki är k-ljudet hårt. I fråga om bokstävernas form kan mindre avvikelser tolereras, under förutsättning att de inte medför risk för förväxling.

Namn	Gemener	Versaler
alfa	$\alpha$	A
beta	$\beta$	B
gamma	$\gamma$	$\Gamma$
delta	$\delta$	$\Delta$
epsilon	$\epsilon$	E
zeta	$\zeta$	Z
eta	$\eta$	H
teta	$\theta$	$\Theta$
jota	$\iota$	I
kappa	$\kappa$	K
lambda	$\lambda$	$\Lambda$
my	$\mu$	M
ny	$\nu$	N
ksi	$\xi$	$\Xi$
omikron	$\omicron$	O
pi	$\pi$	$\Pi$
ro	$\rho$	P
sigma	$\sigma$	$\Sigma$
tau	$\tau$	T
ypsilon	$\upsilon$	Y
fi	$\varphi$	$\Phi$
ki	$\chi$	X
psi	$\psi$	$\Psi$
omega	$\omega$	$\Omega$

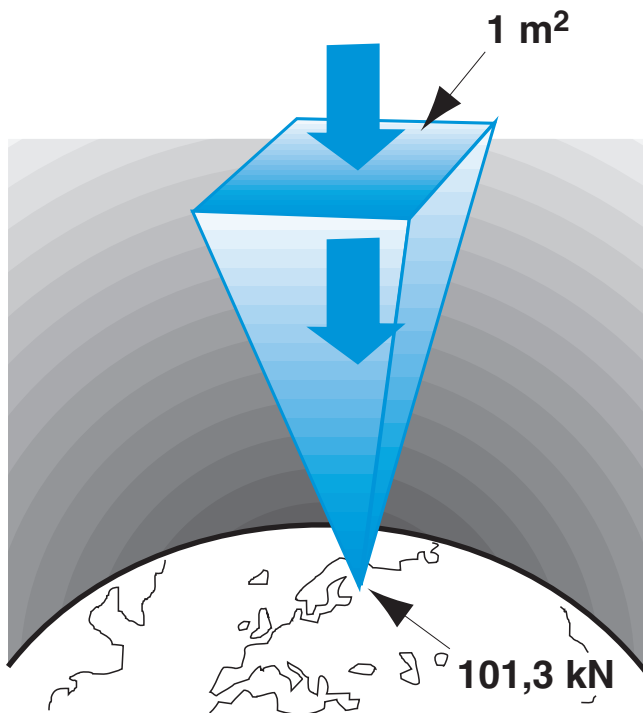
# Tryck

## Totaltryck = dynamiskt tryck + statiskt tryck

Det statiska trycket hos luften runt omkring oss varierar med vädret – högtryck och lågtryck – samt med höjden över havet. Normalvärdet, atmosfärstrycket, vid havsytan är

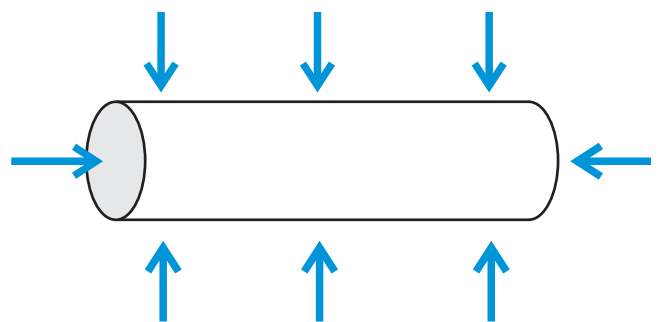
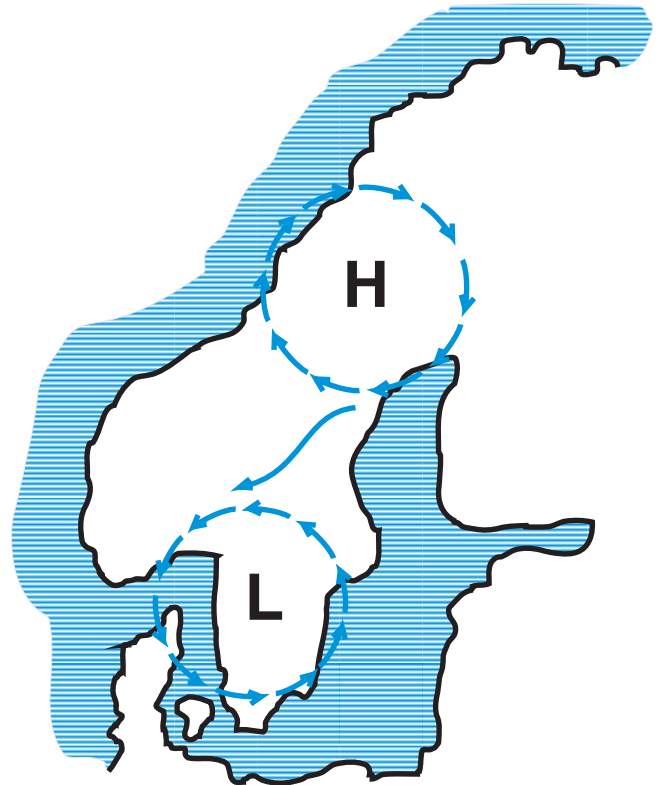
101,3 kPa = 1,013 bar = 1013 mbar

(= 1 atm = 760 mm Hg)



I en viss punkt, t ex i en ventilationskanal, verkar det statiska trycket från alla håll, det har ingen speciell riktning.

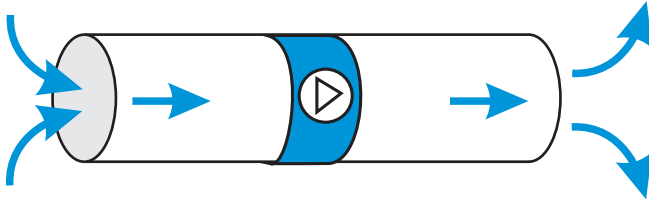
I ett ventilationssystem relaterar man det statiska trycket till det utanför kanalsystemet rådande atmosfärstrycket; det statiska trycket kan därmed vara positivt – högre än omgivande atmosfärstrycket, eller negativt – lägre än omgivningstrycket.



# Tryck

## Tryckfall

Om man åstadkommer en statisk tryckskillnad i ett öppet kanalsystem kan man få luften att strömma från en punkt med högre tryck till en punkt med lägre tryck – från omgivningen via intagsgallret till fläktens sug sida och från fläktens trycksida via tilluftdonet tillbaka till omgivningen. Den av fläkten skapade tryckdifferensen omvandlas till rörelseenergi.



Det dynamiska trycket är ett mått på rörelseenergin hos den strömmande luften. Sambandet mellan tryck och energi är lätt att inse om man använder SI-systemets enheter

$P_a = N/m^2 = Nm/m^3 = J/m^3$  dvs energi (i J) per volymenhet (i  $m^3$ ) av den strömmande luften.

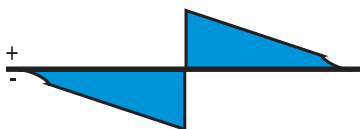
Det dynamiska trycket beror av

$$P_d = \rho \cdot \frac{\bar{v}^2}{2} \text{ med enheterna}$$

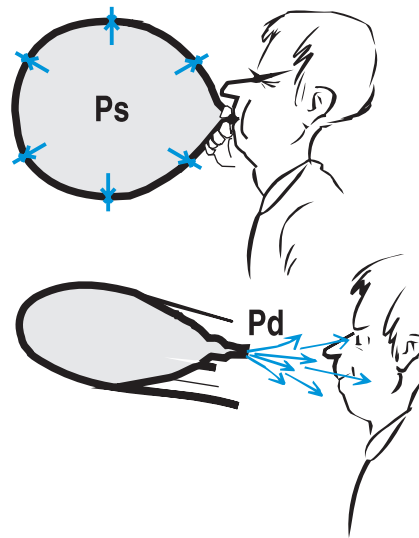
$$\frac{kg}{m^3} \cdot \left(\frac{m}{s}\right)^2 = \frac{kg}{m^3} \cdot \frac{m^2}{s^2} = \frac{kgm}{s^2} \cdot \frac{m}{m^3} = N \cdot \frac{1}{m^2} = \frac{N}{m^2} = Pa$$

Strömningen genom ett kanalsystem är inte förlustfri, det uppstår friktionsförluster och luften tvingas ändra riktning. Det krävs således tryck (dvs energi) för att klara både dynamiskt och statiskt tryck – summan av dessa kallas totaltryck.

$$P_t = P_s + P_d$$



Då  $p_s$  kommer att vara negativ i förhållande till atmosfärstrycket (på sugsidan om fläkten) medför det att även  $p_t$  kommer att bli negativ i det fall summan av  $p_s$  och  $p_d$  är negativ.



## Tryckfall och strömningsförluster

I ventilationssystem gäller det att sätta luft i rörelse! Ren luft skall tillföras vistelsezonen och förorenad luft skall bort från rummet, processen eller maskinen. För att flytta luften krävs energi, vilken tillförs via fläkten, som sätter luften i rörelse.

För att luft skall kunna strömma genom ett kanalsystem måste den övervinna två typer av strömningsmotstånd eller tryckfall

- friktionsförluster mellan den strömmande luften och kanalväggarna.
- engångsförluster när luften ändrar riktning eller hastighet.

Friktionsförlusterna (även kallat R-värdet) uttrycks i enheten Pa/m

$$\Delta p_f = \frac{\lambda}{d_h} \cdot \rho \cdot \frac{\bar{v}^2}{2}$$

där

$\Delta p_f$  = friktionsförlust per meter (Pa/m)

$\lambda$  = friktionsfaktor som är beroende av kanalens material och skrovlighet

$d_h$  = kanalens hydrauliska diameter, diametern hos den cirkulära kanal som ger samma friktionstryckfall vid samma strömningshastighet som i en rektangulär kanal

$$d_h = \frac{2 \cdot a \cdot b}{a + b}$$

där a och b är kanalsidor

För cirkulär kanal är,  $d_h = d$

$\rho$  = luftens densitet ( $kg/m^3$ )

$\bar{v}$  = luftens medelhastighet (m/s)

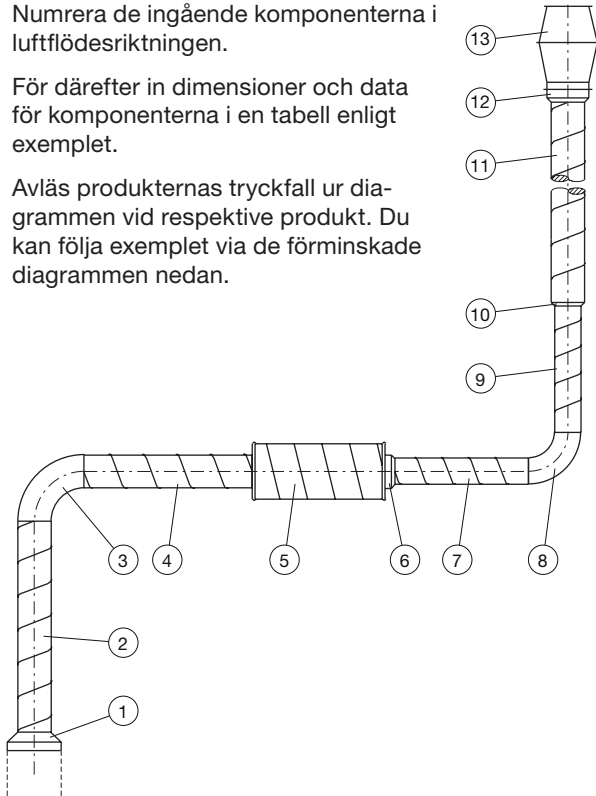
# Tryck

## Tryckfallsberäkning

### Fläktens erforderliga tryckuppsättning

Låt oss göra en tryckfallsberäkning för ett enkelt kanalsystem!

- Numrera de ingående komponenterna i luftflödesriktningen.
- För därefter in dimensioner och data för komponenterna i en tabell enligt exemplet.
- Avläs produkternas tryckfall ur diagrammen vid respektive produkt. Du kan följa exemplet via de förminskade diagrammen nedan.

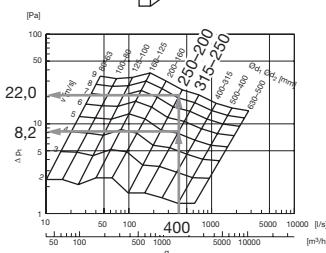
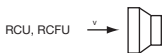


Nr	Flöde l/s	Detalj Beteckning	Dimension $\phi$ mm	Längd m	Tryckfall Pa/m	Tryckfall Pa
①	400	RCU	315-250	-	-	8,2
②	"	SR	250	2,0	3,3	6,6
③	"	BU 90°	250	-	-	11,0
④	"	SR	250	1,6	3,3	5,3
⑤	"	SLCU 100	250/1200	1,2	5,0	6,0
⑥	"	RCFU	250-200	-	-	22,0
⑦	"	SR	200	1,5	8,0	12,0
⑧	"	BU 90°	200	-	-	24,0
⑨	"	SR	200	1,2	8,0	9,6
⑩	"	RCU	250-200	-	-	15,0
⑪	"	SR	250	3,5	3,3	11,6
⑫	"	RCFU	400-250	-	-	16,0
⑬	"	HF	400	-	-	14,0
<i>Totalt tryckfall (summa rad 1 - 13) =</i>						<b>161,3</b>

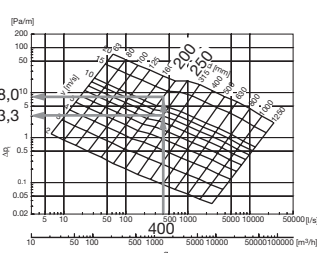
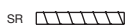
Summera tryckfallen längst ut till höger i tabellen.

Välj därefter en lämplig fläkt som ger det önskade flödet  $q = 400$  l/s och en totaltryckökning  $p_t = 161$  Pa.

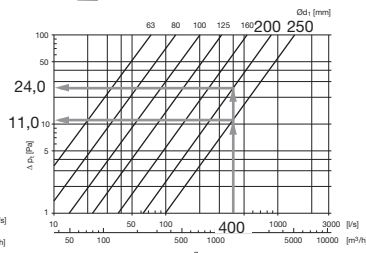
① ⑥



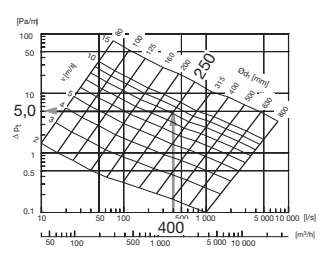
② ④ ⑦ ⑨ ⑪



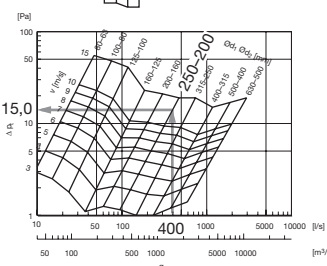
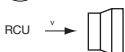
③ ⑧



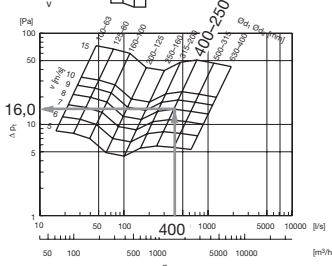
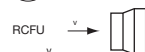
⑤



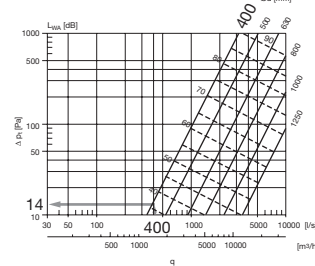
⑩



⑫



⑬



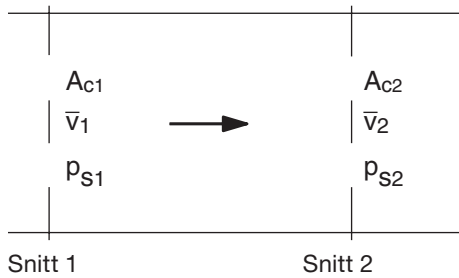
# Tryck

## Förutsättningar

För att kunna rätt dimensionera ett kanalsystem, behövs uppgifter om de ingående komponenternas totaltryckfall.

Totaltryckfallet  $\Delta p_t$  (Pa) mellan två sektioner, 1 och 2, i ett kanalsystem definieras av

$$p_t = p_{t1} - p_{t2} = (p_{s1} + p_{d1}) - (p_{s2} + p_{d2})$$



där  $p_d = \frac{\rho \cdot \bar{v}^2}{2}$  och  $\bar{v} = \frac{q}{a_c}$

Vid tryckfallsberäkning av ventilationskanaler förutsätts

- inkompressibel strömning, dvs luftens densitet förändras inte
- isotermiskt förhållande, dvs inget värmeutbyte sker med omgivningen
- ingen förändring av luftens potentiella energi, dvs höjdskillnader mellan kanalsystemets olika delar försummas

## Använda beteckningar

$l$	= längd	m (mm)
$a$	= långsida	m (mm)
$b$	= kortsida	m (mm)
$r$	= radie	m (mm)
$d$	= diameter	m (mm)
$d_h$	= hydralisk diameter	m (mm)
$A_c$	= tvärsnittsarea	m <sup>2</sup>
$p_A$	= atmosfärstryck	mbar
$p_s$	= statiskt tryck	Pa
$p_d$	= dynamiskt tryck	Pa
$p_t$	= totaltryck	Pa
$\Delta p$	= tryckfall	Pa
$\Delta p_t$	= totaltryckfall	Pa
$\vartheta$	= temperatur	°C
$\bar{v}$	= lufthastighet (medelvärde)	m/s
$q$	= luftflöde	m <sup>3</sup> /s
$\rho$	= densitet	kg/m <sup>3</sup>
$\alpha$	= vinkel	°
$\varphi$	= relativ fuktighet	%
$\lambda$	= friktionstal	
$R$	= friktionskoefficient	Pa/m
$\zeta$	= motståndstal	
$\nu$	= kinematisk viskositet	m <sup>2</sup> /s

Totaltryckfallet för de vanligast förekommande detaljerna visas i diagramform som funktion av flödet (i några fall hastigheten).

Underlag till diagrammen kommer från mätningar och beräkningar gjorda i dels vårt laboratorium och dels från Statens Provningsanstalt i Borås. En del diagram är hämtade från VVS 2000 Tabeller och diagram.

Diagrammen gäller för luft vid standardförhållanden.

$\nu$	= 15,1 · 10 <sup>-6</sup> m <sup>2</sup> /s
$\vartheta$	= 20 °C
$\rho$	= 1,2 kg/m <sup>3</sup>
$\varphi$	= 65 %
$p_A$	= 1013,2 mbar

För luft av annan densitet ( $\rho_{annan}$ ) erhålls flödet  $q_{annan\_densitet}$  enligt formeln

$$q_{annan\_densitet} = q_{diagram} \cdot \sqrt{\frac{1,2}{\rho_{annan}}}$$

# Ljud

## Ventilationen behöver inte bullra!

Om man använder sunt förnuft och bygger upp sin luftbehandlingsanläggning med eftertanke och bra komponenter kan man ofta undvika problem och klagomål.

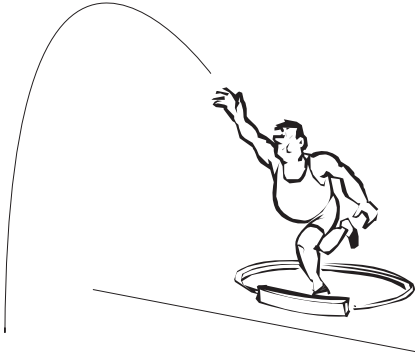
Fläktar bullrar, det kan man inte göra mycket åt. Man kan däremot hindra bullret från att komma fram till de utrymmen som är anslutna till fläktssystemet – man kan absorbera och dämpa bullret på vägen!

Den här beskrivningen gör inte anspråk på att lära ut hur man bullerberäknar och bullerdämpar ett ventilationssystem – för detta finns handböcker att tillgå; vi har bifogat en förteckning över några sådana i slutet av kapitlet.

### Källa

#### Vattenvågor

Vi kastar ner en sten i en spegelblank vattenyta.



#### Ljudvågor

Vi skjuter av ett pistolskott.



Beskrivningen vill i stället förmedla kunskap om några enkla regler och tips som, tillsammans med sunt förnuft, kan klara enklare fall.

För att man skall kunna välja rätt princip och rätt komponent behövs en del elementära kunskaper om var och hur buller alstras, sprids och dämpas i systemet. Man kan förenkla för sig med en liknelse. Ljudutbredningen är en vågrörelse som sker i ett medium, t ex luft, och som är osynlig för oss. Den utbredningen har dock stora likheter med en annan vågrörelse, vattenvågor, som vi kan se och vet hur de uppträder.

Låt oss följa jämförelsen så kan vi lättare förstå hur ljud kan dämpas:

## Utbredning

### Vattenvågor

Vattenvågorna breder ut sig över ytan i allt större koncentriska ringar från centrum, dvs där stenen träffade vattnet.



### Ljudvågor

Ljudvågorna breder ut sig i den omgivande luften i alla riktningar i allt större klot från centrum, dvs pistolen.



# Ljud

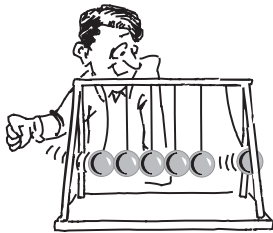
## Energitransport

### Vattenvågor

Rörelseenergin överförs från molekyl till molekyl i vattnet, de studsar mot och pendlar ifrån varandra, molekylerna rör sig fram och tillbaka, energin breder ut sig från källan.

### Ljudvågor

Rörelseenergin överförs från molekyl, till molekyl i luften, de studsar mot och pendlar ifrån varandra, molekylerna rör sig framåt och bakåt, energin breder ut sig från källan.



## Avstånd

### Vattenvågor

När vattenvågorna avlägsnar sig från centrum, nedslagsplatsen för stenen, blir våghöjden allt mindre ända tills vi inte längre kan se dem, vattenytan är åter blank.

### Ljudvågor

När ljudvågorna avlägsnar sig från ljudkällan, pistolen, blir våghöjden allt mindre och ljudet svagare ända tills vi inte längre kan höra ljudet, det är för svagt.



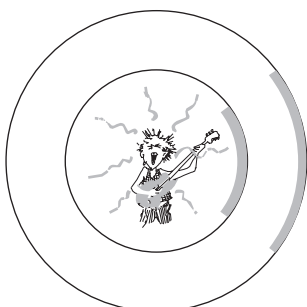
## Intensitet

### Vattenvågor

Den energi som startade vågutbredningen, eller den effekt som krävs för att hålla den igång, fördelas över en allt större sträcka när avståndet, radien, ökar.

### Ljudvågor

Den energi som startade vågutbredningen, eller den effekt som krävs för att hålla den igång, fördelas över en allt större yta när avståndet, radien, ökar.



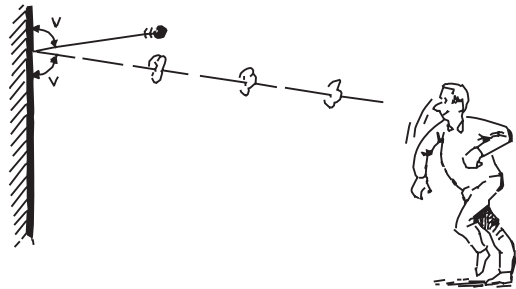
## Hinder i vägen

### Vattenvågor

Om vattenvågorna träffar en båtsida eller en bryggkant så kommer de att reflekteras tillbaka med samma vinkel som de träffade hindret med.

### Ljudvågor

Om ljudvågorna träffar en vägg så kommer de att reflekteras tillbaka med samma vinkel som de träffade väggen med.



På samma sätt som när vi studsar en boll mot en vägg.

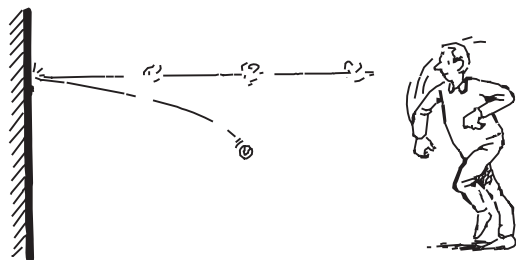
## Energiförlust

### Vattenvågor

De reflekterade vågornas höjd är lägre än de infallandes. Vid kollisionen med bryggkanten absorberades en del av rörelseenergin i bryggmaterialet (och omvandlades till värme).

### Ljudvågor

De reflekterade vågornas höjd är lägre än de infallande. Vid kollisionen med väggen absorberades en del av rörelseenergin i väggmaterialet (och omvandlades till värme).



Bollen rör sig långsammare när den studsar tillbaka än när den träffade väggen.

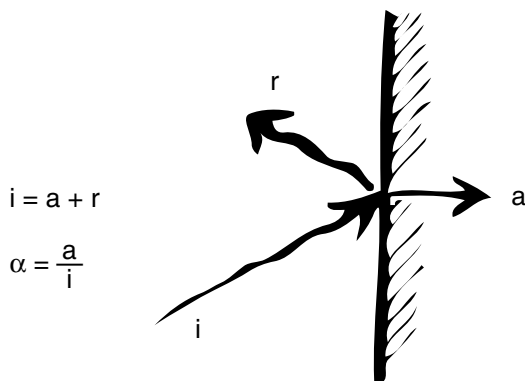
# Ljud

## Ljudet kan absorberas

När ljudvågorna träffar en mjuk porös vägg av t ex mineralull kommer de svängande luftmolekylerna att delvis tränga in i ytskiktet och där bromsas upp av friktion mot materialfibrerna.

Den del av ljudenergin som på detta sätt absorberas omvandlas till värme i materialet och resten är den del som reflekteras tillbaka ut i rummet. Man kallar den här typen av dämpning, där ljudet bromsas upp i ytskiktet på mjuka material, för porösabsorption.

Olika material är olika effektiva när det gäller att absorbera ljud. Man uttrycker den här egenskapen med materialets ljudabsorptionsfaktor  $\alpha$ .



Om inget absorberas utan allt reflekteras så blir  $a = 0$  och därmed  $\alpha = 0$ :

$$i = 0 + r\alpha = \frac{0}{i} = 0$$

Om allt absorberas och inget reflekteras så blir  $r = 0$  och därmed  $\alpha = 1$ :

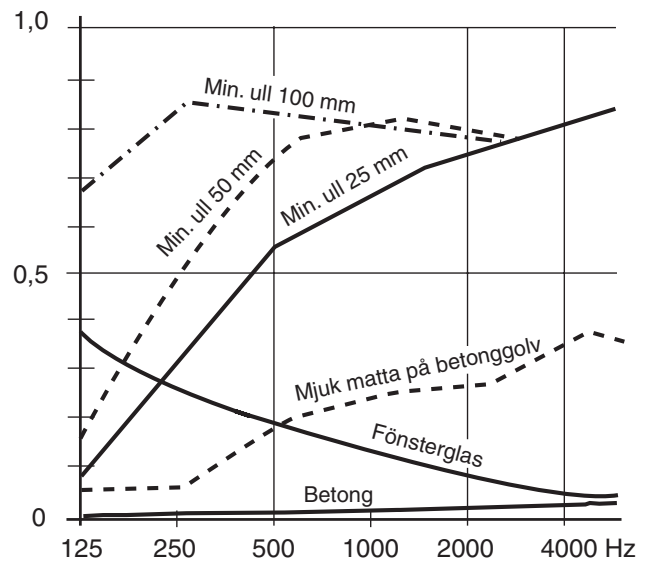
$$i = a + 0\alpha = \frac{a}{a} = 1$$

Ett öppet fönster kan sägas ha  $\alpha = 1$ , allt ljud som från rummet träffar det öppna fönstret försvinner ut!

I hårda material, t ex betong- eller marmorytor, kommer nästan ingen ljudenergi att absorberas utan allt reflekteras, här blir  $\alpha$ -värdet nära noll. I lokaler med hårda ytor studsar ljudet länge innan det dör ut. Lokalen har lång efterklangstid och vi får ett kraftigt och störande eko. Ljudnivån blir hög från normala bullerkällor.

I mjuka material, t ex tjocka mineralullsskivor, sker det motsatta;  $\alpha$ -värdet ligger nära 1. Ibland kan alltför dämpande, mjuka lokaler vara olämpliga – ”Man hör inte vad man själv säger!”. Lagom är alltid bäst – lokalens efterklangstid skall vara avpassad till verksamheten.

$\alpha$ -värde



Ljud, i ett ventilationssystem, rör sig lika lätt med som mot luftens flödesriktning.

Ljud, som rör sig genom ett kanalsystem, kommer att dämpas på flera sätt. Låt oss börja med den nakna kanalplåten.

## Även kanalplåt ger dämpning – men liten

När kanalplåten träffas av ljudvågen kommer den att börja svänga i takt med ljudets frekvens.

Rörelserna är normalt mycket små och knappast synliga för ögat (det är ofta lättare att istället känna rörelsen med fingertopparna mot plåten).

Det som sker är samma sak som då ett fönster skallrar när en tung lastbil passerar på gatan.

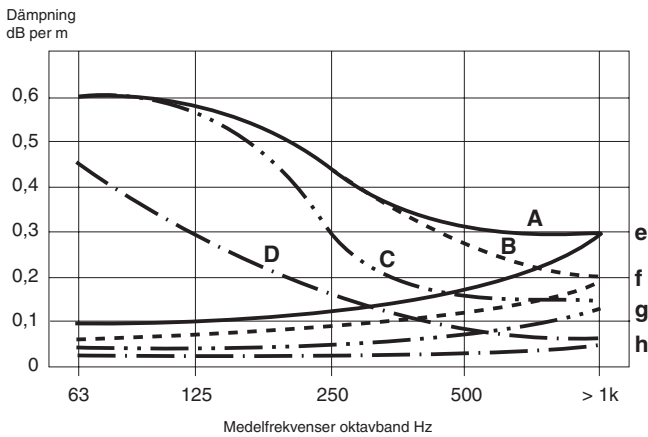
Kanalplåten, och fönstret, kommer då att fungera som **membranabsorbenter**, skivor som bringas i svängning av den infallande ljudenergin. Men rörelsen sker inte friktionsfritt, ty den bromsas av böjmotstånd dels i skivan men framförallt i inspänningen runt skivans kanter. Liksom tidigare, hos porösabsorbenten, omvandlas därför en del av ljudenergin till värme – ljudet som blir kvar blir svagare och har dämpats.

För samma fria kanalarea är en rund spiralfalsad kanal styvare än en rektangulär och kommer därför att dämpa mindre.

Som ses av figuren på nästa sida är dämpningen i oinklädda kanaler ganska beskedlig. Man brukar därför normalt inte räkna med den när man ljudberäknar anläggningen, man låter den i stället vara säkerhetsmarginal.

# Ljud

## Dämpning i raka stålplåtskanaler (1 mm plåttjocklek)

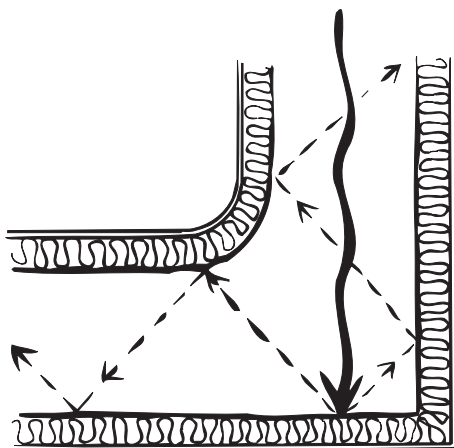


Kanaldimensioner/beteckningar			
<i>Rektangulära stålplåtskanaler</i>			
□ 75–200	200–400	400–800	800–1000
A ———	B - - - -	C ·····	D - · - ·
<i>Cirkulära stålplåtskanaler</i>			
∅75–200	200–400	400–800	800–1600
e ———	f - - - -	g ·····	h - · - ·

## Effektivare med absorption

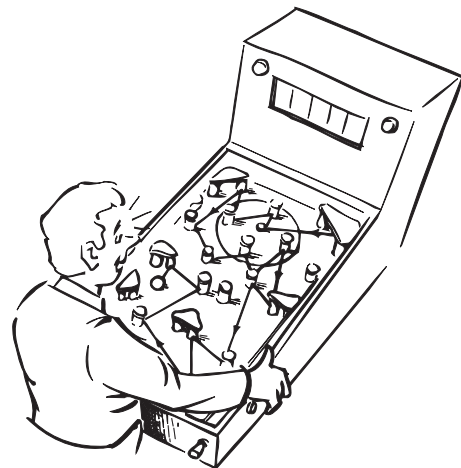
Mer effektiv blir dämpningen om vi för in absorptionsmaterial i kanalsystemet. Hur ljudet då dämpas beskrevs tidigare, en del av ljudenergin kommer att tas upp av absorptionsmaterialet som träffas av ljudet.

Om ljudvågorna studsar tillräckligt många gånger mot porösa ytor kommer den kvarvarande ljudenergin, den rörelseenergi som sätter våra trumhinnor i rörelse, att vara tillräckligt låg för att vi inte skall störas!

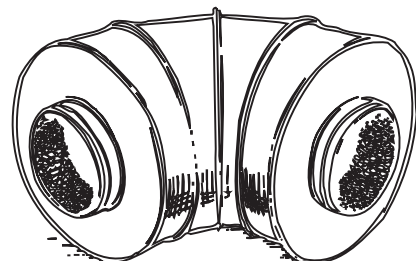


## Var skall man placera absorptionsmaterialet i kanalerna?

Svaret är givet – där materialet träffas av mest ljudvågor. Ljud som utbreder sig i en lång oinklädd rakkanal kommer att styras upp av reflektioner mot kanalväggarna. Här gör absorptionsmaterialet mindre nytta än om vi placerar det i en böj, i sug- eller trycklådor eller i en rakkanal direkt efter fläktutloppet, med andra ord överallt där vi har ett "turbulent ljudflöde". Ju fler studsar vi får mot de mjuka ytorna, desto bättre utnyttjar vi materialet.



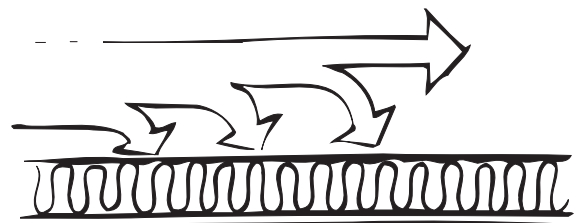
Det är därför den böjda ljuddämparen BSCLU är så effektiv!



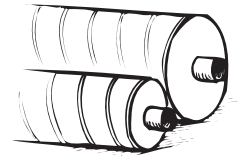
## Den raka ljuddämparen koncentrerar absorptionsmaterialet

Det finns ett komplement till beskrivningen av ljudvågorna ovan. När ljudvågorna går fram längs en porös yta, kommer de att böja av mot ytan. Man kallar denna avböjning, "diffraktion".

Detta, i kombination med att ljudutbredningen störs av viss turbulens, gör att raka ljuddämpare kan ha hög dämpning.



# Ljud



Som vi kan se av värdena för t ex SLCU 50 och SLCU 100 varierar dämpningen efter några ganska enkla regler:

För att dämpa låga frekvenser (< 500 Hz) krävs det tjockare absorptionsmaterial. – SLCU 100 dämpar mer än SLCU 50.

## SLCU 50

Ød <sub>1</sub> nom	l mm	Dämpning i dB för mittfrekvens Hz							
		63	125	250	500	1k	2k	4k	8k
80	300	5	5	8	15	28	29	23	16
80	600	5	7	12	26	41	50	48	24
80	900	5	9	17	37	50	50	50	32
80	1200	6	11	21	49	50	50	50	40
100	300	2	2	6	14	21	25	20	11

## SLCU 100

Ød <sub>1</sub> nom	l mm	Dämpning i dB för mittfrekvens Hz							
		63	125	250	500	1k	2k	4k	8k
80	300	10	8	10	16	21	27	24	16
80	600	12	13	19	27	37	50	46	24
80	900	14	18	28	38	50	50	50	33
80	1200	16	23	37	49	50	50	50	42
100	300	5	4	11	14	18	24	20	11

För att dämpa höga frekvenser (> 500 Hz) räcker det med tunnare absorptionsmaterial. – SLCU 50 dämpar lika bra som SLCU 100.

## SLCU 50

Ød <sub>1</sub> nom	l mm	Dämpning i dB för mittfrekvens Hz							
		63	125	250	500	1k	2k	4k	8k
80	300	5	5	8	15	28	29	23	16
80	600	5	7	12	26	41	50	48	24
80	900	5	9	17	37	50	50	50	32
80	1200	6	11	21	49	50	50	50	40
100	300	2	2	6	14	21	25	20	11

## SLCU 100

Ød <sub>1</sub> nom	l mm	Dämpning i dB för mittfrekvens Hz							
		63	125	250	500	1k	2k	4k	8k
80	300	10	8	10	16	21	27	24	16
80	600	12	13	19	27	37	50	46	24
80	900	14	18	28	38	50	50	50	33
80	1200	16	23	37	49	50	50	50	42
100	300	5	4	11	14	18	24	20	11

Ju längre väg ljudet har att passera över den dämpande ytan desto högre dämpning. – Ljuddämpare med större längd dämpar mer än de med mindre. – SLCU l = 600 dämpar mer än SLCU l = 300.

## SLCU 50

Ød <sub>1</sub> nom	l mm	Dämpning i dB för mittfrekvens Hz							
		63	125	250	500	1k	2k	4k	8k
80	300	5	5	8	15	28	29	23	16
80	600	5	7	12	26	41	50	48	24
80	900	5	9	17	37	50	50	50	32
80	1200	6	11	21	49	50	50	50	40
100	300	2	2	6	14	21	25	20	11

## OBS!

Dämpningen är inte direkt proportionell mot längden. Detta beror på att man får extra dämpning vid areaförändringar, och att alla ljuddämpare har två sådana oavsett längd.

Ju mindre avstånd mellan de dämpande ytorna desto högre dämpning. – Ljuddämpare med mindre diameter dämpar mer än de med större. – SLCU Ø 80 dämpar mer än SLCU Ø 250..

## SLCU 50

Ød <sub>1</sub> nom	l mm	Dämpning i dB för mittfrekvens Hz							
		63	125	250	500	1k	2k	4k	8k
80	300	5	5	8	15	28	29	23	16
80	600	5	7	12	26	41	50	48	24
80	900	5	9	17	37	50	50	50	32
80	1200	6	11	21	49	50	50	50	40
100	300	2	2	6	14	21	25	20	11
250	600	3	2	7	13	17	16	8	6
250	900	3	4	8	20	26	23	10	8
250	1200	4	5	9	26	35	30	12	10
315	600	0	2	6	11	14	9	4	5

Av samma skäl ger en extra baffel en högre dämpning än en dämpare med samma dimensioner men utan baffel, SLCBU 100 ger högre dämpning än SLCU 100.

## SLCU 100

Ød <sub>1</sub> nom	l mm	Dämpning i dB för mittfrekvens Hz							
		63	125	250	500	1k	2k	4k	8k
80	300	10	8	10	16	21	27	24	16
80	600	12	13	19	27	37	50	46	24
80	900	14	18	28	38	50	50	50	33
80	1200	16	23	37	49	50	50	50	42
100	300	5	4	11	14	18	24	20	11
250	900	7	7	15	18	25	23	10	9
250	1200	7	9	20	25	34	30	13	11
315	600	1	4	7	9	12	10	5	6
315	900	2	6	12	14	19	15	7	8
315	1200	2	8	16	18	26	21	9	10
400	600	1	5	5	5	7	4	4	4

## SLCBU 100

Ød <sub>1</sub> nom	l mm	Dämpning i dB för mittfrekvens Hz							
		63	125	250	500	1k	2k	4k	8k
315	600	4	6	10	16	22	28	27	18
315	900	5	7	16	23	30	38	32	22
315	1200	7	9	23	30	38	47	37	25
400	600	4	5	7	9	13	16	15	13

# Ljud

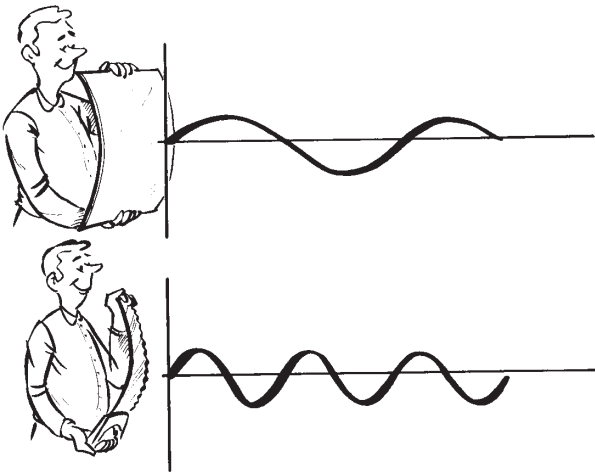
## Bullrets frekvens påverkar valet av dämpare

Som vi ser av tabellerna ovan varierar dämpningsförmågan med ljudets frekvens. Innan vi går in på valet av dämpare kan det vara lämpligt att därför beskriva frekvensbegreppet närmare.

En ljudkälla påverkar den omgivande luften så att den sätts i svängningsrörelse. Ljudets karaktär beror på de tryckförändringar som då uppstår i luften.

Låt oss anta att ljudkällan utgörs av en vibrerande plåt – tryckförändringarna, dvs ljudet, kommer då att få samma frekvens som svängningarna hos plåten. Styrkan hos ljudet kommer att bero av hur kraftigt plåten svänger, dvs amplituden hos rörelsen. Låt oss ta det första först:

För en ren ton, av en enda frekvens, kommer trycket att förändras sinusformat, därför kallas också en ren ton för sinuston.



Det som kännetecknar ljudutbredningen är:

- **frekvensen (f)**, som mäts i hertz, **Hz**, (s<sup>-1</sup>), (och anger hur ofta per sekund en ny ljudvåg kommer).
- **våglängden (l, "lambda")**, som mäts i meter, **m**, (och anger avståndet, mellan två lika punkter på kurvan).

samt

- **ljudhastigheten (c)** som mäts i **m/s**, (och anger hur fort ljudvågorna förflyttar sig).

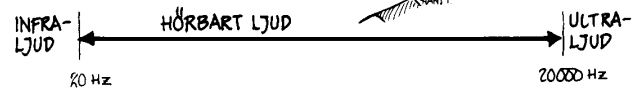
Dessa tre storheter beror av varandra:

$$c = f \cdot \lambda$$

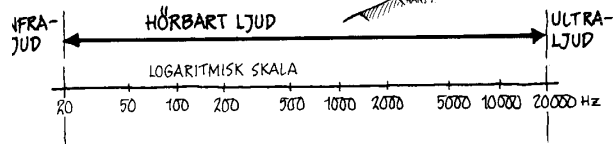
Ljudhastigheten i luft beror dessutom av tryck och temperatur.

Vid normalt lufttryck och + 20°C är  $c \approx 340$  m/s.

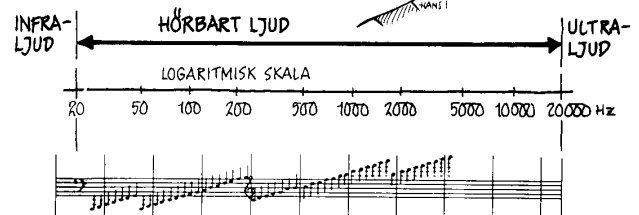
En ung, ej hörselskadad, person kan uppfatta ljud inom frekvensområdet 20-20 000 Hz, dvs (i luft) med våglängder från ca 17 m (vid 20 Hz) ner till ca 17 mm (vid 20 kHz).



Förändringar av ett ljuds frekvens uppfattar vi efter en logaritmisk skala, dvs det är två ljuds inbördes frekvensförhållande och inte skillnaden i Hz mellan dem som avgör vår uppfattning av en tonförändring. Ökning av en ton till dubbla frekvensen uppfattas således lika oavsett om det är fråga om en ändring från 100 till 200 Hz, 1000 till 2000 Hz eller 10 till 20 kHz.



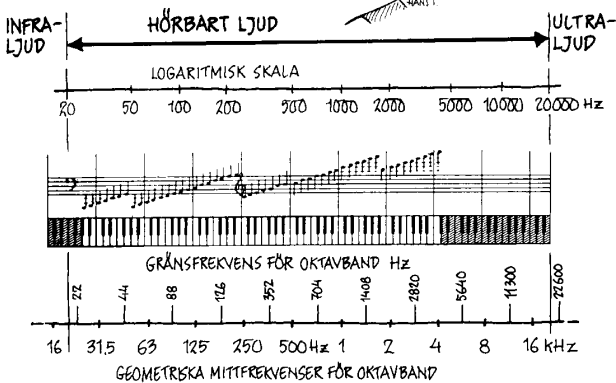
Den logaritmiska skalan har man av hävd delat in i oktaver, dvs i skaldelar där den övre gränzfrequensen är dubbelt så hög som den undre. Så har länge gjorts inom musiken.



The characteristics of sound propagation are:

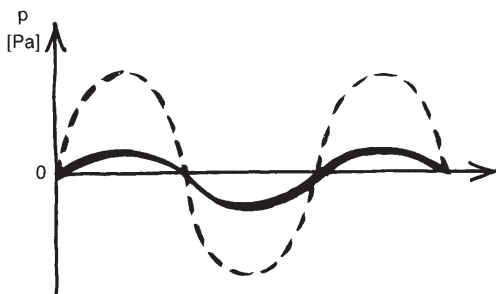
# Ljud

Och inom tekniken.



## Decibelbegreppet

Ju starkare ljud som sänds ut desto kraftigare kommer luftpartiklarna att stöta mot varandra.



Ljudtrycksförändringarna inom det hörbara området kan variera inom mycket vida gränser. En del ljud är så svaga att vi inte kan uppfatta dem. Den sk **hörselgränsen** varierar med frekvensen och ligger vid 1000 Hz på ca 20 µPa.

Andra ljud är så starka att vi riskerar att få hörselskador. Smärtgränsen, det ljudtryck där vi får ont i öronen av ljudet, beror också på frekvensen men ligger vid 1000 Hz på ca 20 Pa, dvs det är en miljon gånger starkare än det svagaste ljud vi kan uppfatta.

Även ändringar av ett ljuds styrka uppfattar vi efter en logaritmisk skala. För att kunna uttrycka detta i jämförbara värden har man därför valt att införa ett **nivåbegrepp** med **decibel (dB)** som enhet.

Enheten **dB**, som används i många olika sammanhang, definieras allmänt som:  $10 \cdot \log (X/X_0)$ , där X är den mätta storheten, t ex ljudtrycket, och  $X_0$  är en referensnivå uttryckt i samma enhet. Förhållandet  $X/X_0$  är således sortlöst. I stället anger man den referensnivå över vilken dB-enheten är angiven, dvs rent allmänt uttrycker man nivån i **dB (över  $X_0$ )**.

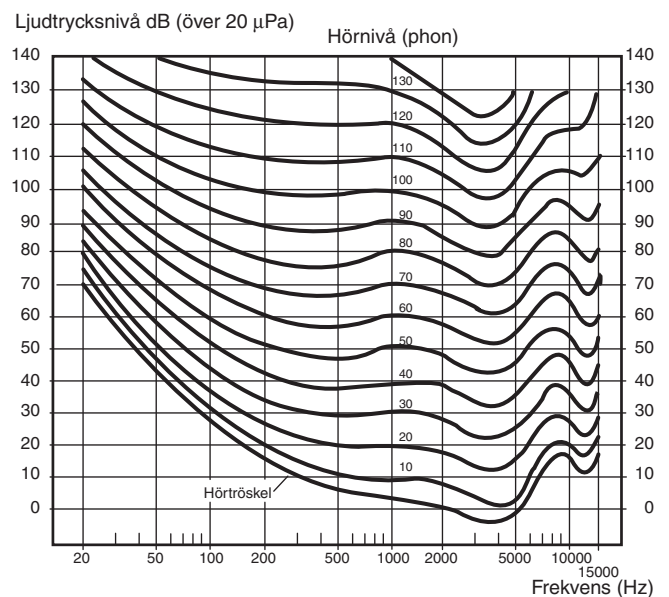
## Vår uppfattning av ljud

Vi reagerar olika för två ljud som har samma ljudtrycksnivå men olika frekvenser.



Genom försök med ett stort antal människor har man kunnat konstruera kurvor som beskriver hur en människa normalt uppfattar ljud av olika styrka och frekvens. Kurvorna förbinder punkter, kombinationer av ljudtrycksnivå och frekvens, som uppfattas som lika starka. Dessa sk **hörnivåkurvor** benämns efter ljudtrycksnivån för respektive kurva vid frekvensen 1 kHz. Enheten för kurvorna är **phon**.

## Hörnivåkurvor

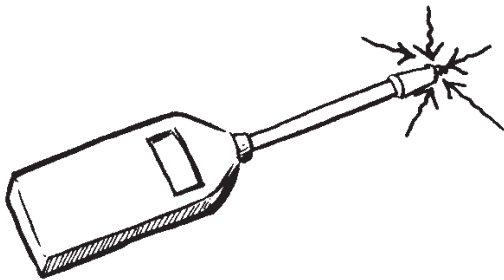


Exempel:

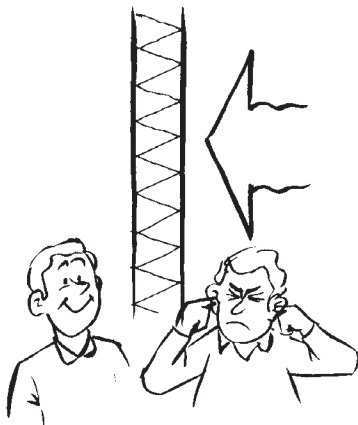
Ljudtrycksnivån 70 dB vid 50 Hz uppfattas normalt lika starkt som 50 dB vid 1000 Hz.

# Ljud

## Ljudnivåer



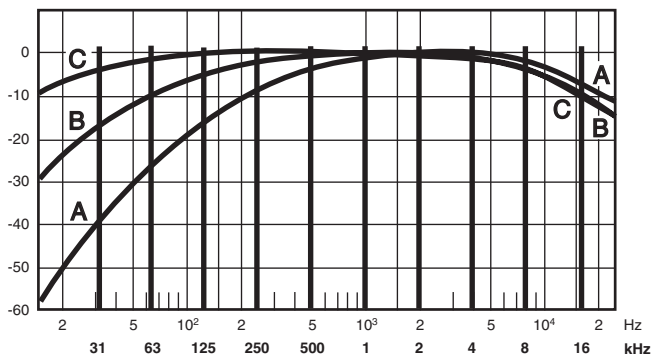
Det finns flera metoder som används då man vill jämföra störningsgraden hos två ljud med varandra och där man efterliknar örats uppfattning av buller.



Den enklaste är att man jämför deras "vägda" ljudnivåer. Vid ljudmätning låter man det inkommande ljudet passera ett elektriskt filter som dämpar de delar, främst de lågfrekventa inslagen, där vi är relativt okänsliga, och förstärker de delar, mellan 1 och 4 kHz, där vi är mer känsliga.

Ljudmätare är normalt utrustade med tre elektriska filter, A-, B- och C-filter. I dag används mest A-filtret där mätresultatet, den "vägda" **ljudnivån** uttrycks i **dB (A)**.

Dämpning dB (över 20 µPa)



## Att välja ljuddämpare

Fläkten är den primära ljudkällan i ett ventilationssystem men störande ljud kan också uppstå i olämpligt valda kanal detaljer och don.

Ljudet som alstras av fläkten bestäms huvudsakligen av driftdata för fläkten – luftflöde, totaltryck och verkningsgrad – och kan inte påverkas särskilt mycket:

$$L_W = 40 + 10 \cdot \log q + 20 \cdot \log p_t \text{ dB (över 1 pW)}$$

$q$  = luftflöde (i m<sup>3</sup>/s) genom fläkten

$p_t$  = totaltryckuppsättning (i Pa) hos fläkten

40 = "specifik ljudeffektnivå" som tar hänsyn till fläktens verkningsgrad i driftpunkten (normala värden enligt VVS AMA) och SI-enheter för  $q$  och  $p_t$ .

Dämpningen av fläktbullret måste ske i kanalsystemet, mellan fläktanslutning och donet i rummet. En del av dämpningen sker "naturligt", vi har gett en del exempel i texten ovan. Ofta räcker denna dämpning dock inte till, då kan man komplettera med ljuddämpare i kanalsystemet – i huvudkanalen vid fläkten för att dämpa fläktljudet ut mot alla kanalförgreningar eller i grenkanaler för att enbart dämpa mot speciellt känsliga rum.

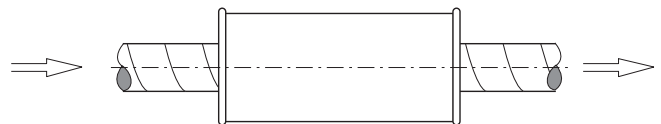
För att inte rummen skall störas av ljud, alstrat i kanalsystemet, bör man välja låga lufthastigheter i kanalerna.

- Vid ett givet luftflöde motsvarar en fördubbling av hastigheten ca 12 dB ökning av ljudnivån.
- Låga lufthastigheter sänker också driftkostnaderna.
- Vid ett givet luftflöde ökar fläkteffektbehovet med kvadraten på hastigheten.

I exemplet har beräkningen visat att den befintliga dämpningen i kanalsystemet inte är tillräcklig, det krävs ytterligare dämpning enligt tabellen – vad skall man välja?

## Exempel

Kanal Ø315



	63	125	250	500	1k	2k	4k	8k	
Före	X	X	X	X	X	X	X	X	dB
Efter	X	X	X	X	X	X	X	X	dB
skillnad	1	4	8	13	20	16	7	7	dB

Lindab har ett stort sortiment av ljuddämpare med olika egenskaper och olika mått. Låt oss se vilka som kan passa!

# Ljud

SLCU 50	63	125	250	500	1k	2k	4k	8k
600	0	2	6	11	14	9	4	5
900	1	3	7	16	22	12	6	7
1200	1	3	8	22	30	16	7	9

Det här är den smalaste ljuddämparen, för att klara kraven bör man välja den längsta, 1200 mm. Avvikelsen på 125 Hz-bandet, 1 dB, är liten och kommer inte att slå igenom. Detta är ett tänkbart alternativ!

SLCU 100	63	125	250	500	1k	2k	4k	8k
600	1	4	7	9	12	10	5	6
900	2	6	12	14	19	15	7	8
1200	2	8	16	18	26	21	9	10

Den här ljuddämparen har kraftigare absorptionsbeklädnad (100 mm istället för 50 mm) och därmed bättre lågfrekvensdämpning men också större ytterdiameter än SLCU 50. För att klara kraven bör man välja den längre, 900 mm. avvikelserna på 500 och 1k Hz-bandet, 1 dB, är små och kommer inte att slå igenom. Detta är ett annat tänkbart alternativ.

SLCBU 100	63	125	250	500	1k	2k	4k	8k
600	4	6	10	16	22	28	27	18
900	5	7	16	23	30	38	32	22
1200	7	9	23	30	38	47	37	25

Den här ljuddämparen har samma tjocklek på absorptionsbeklädnaden som SLCU 100 (100 mm) men är dessutom försedd med en 100 mm tjock baffel som ökar dämpningen (men också tryckfallet över dämparen). För att klara kraven räcker det här med att man väljer den kortaste, 600 mm. Dämparen klarar alla oktavbanden med god marginal. Detta är ytterligare ett av tänkbara alternativ.

Det slutliga valet mellan alternativen beror på de förutsättningar som gäller:

- **SLCU 50 1200**  
om det finns plats i längsled (men kanske är trångt i sidled).
- **SLCU 100 900** kortare, men kräver utrymme i sidled.
- **SLCBU 100 600**  
om måttet i längsled är begränsat och om den måttliga ökningen av totaltryckfallet är utan betydelse – t ex i en grenkanal där en del av tillgängligt tryck ändå måste strypas bort vid injusteringen av delluftflödet.

Avgör hur säkra värdena i ljudberäkningen är och välj dämpare med motsvarande säkerhetsmarginal. Det är alltid dyrare och ofta svårare att i efterhand tilläggsdämpa det som saknades från början. Har lokalnyttjarna blivit missnöjda med bullret är det svårt att få dem omvända!

## Om du vill veta mer!

Ljud är ett intressant teknikområde som det är både roligt och nyttigt att fördjupa sig i. Bockerna nedan är exempel på sådana som kan vara lämpliga att studera:

- **Akustik & Buller** av Johnny Andersson beskriver akustiska grunder, ljudnivåer, rumsakustik, ljudisolering och mätteknik. Ger hjälp i att beräkna hur ljud och buller alstras och sprids samt hur det kan dämpas. Boken vänder sig till den praktiskt verksamme teknikern. Omfattande och kommenterad exempelsamling med lösningar. Lämplig för självstudier och kursbok. (Art nr 625 4001)
- **Byggnadsakustik** av Leif Åkerlöf beskriver ljudets uppkomst och utbredning i byggnader och utomhus samt anger olika metoder för bullerdämpning. Utöver de teoretiska kunskaperna bakom innehållet i boken finns också en bred erfarenhet från tillämpad problemlösning inom akustikområdet. (Art nr 626 3001)

Bockerna kan beställas från Svensk Byggtjänst (tel 08-457 11 00) med hänvisning till de "Art nr" som anges ovan.



Most of us spend the majority of our time indoors. Indoor climate is crucial to how we feel, how productive we are and if we stay healthy.

We at Lindab have therefore made it our most important objective to contribute to an indoor climate that improves people's lives. We do this by developing energy-efficient ventilation solutions and durable building products. We also aim to contribute to a better climate for our planet by working in a way that is sustainable for both people and the environment.

[Lindab | For a better climate](#)