



Prijs f 1,50

VACUÛMVERLIES
IN
MELKLEIDINGEN

Tabellen

Ir. J. A. Kerkhof en W. Rossing

Instituut voor Landbouwtechniek en Rationalisatie
Dr. S.L. Mansholtlaan 12 - Wageningen
Tel. 08370-19119

2988

43c

2289702

I N H O U D

	blz.
Inleiding	1
Algemeen	2
Melkslang	3
Melkleiding	4
Toelichting op de tabellen	5
Voorbeelden	6
Slotopmerkingen	9

Tabellen leidinglengtes:

Vacuümverlies 1 t/m 8 cm Hg

HULPTABEL melk- en lucht-
hoeveelheden: op uitslaand
omslag

Toegepaste formules

Type- en stencilwerk

Stichting Bureau voor Gemeenschappelijke Diensten

Bornsesteeg 53

Wageningen

INLEIDING

In de praktijk vinden klachten dat het melken niet naar wens verloopt soms hun grond in een melkleidingsinstallatie, die niet op de gewenste prestatie is berekend. De laatste jaren is door het ILR uitgebreid onderzoek verricht naar de verschijnselen die zich in melkleidingen voordoen. Bijzondere aandacht is besteed aan de optredende vacuümverliezen en -schommelingen. Daardoor is inzicht verkregen in het ingewikkelde patroon van de vele invloedsfactoren. Het gevonden verband is in tabelvorm vastgelegd, teneinde een ruimere kring van belangstellenden de informeren. De tabellen gelden alleen voor melkleidingen met een normaal voorkomend aantal bochten (per 8 m een bocht met een kromtestraal van 35 cm). Voor het totale vacuümverlies moet nog rekening worden gehouden met de melkslang. Het hierin optredende vacuümverlies wordt in de paragraaf "melkslang" op blz. 3 behandeld. De hoeveelheden melk en lucht waarop de melkleiding wordt berekend, mogen nimmer worden gebruikt als basis voor de bepaling van pompcapaciteiten. Deze moeten, mede in verband met spoelen en andere onderdelen van de installatie, soms enige malen groter zijn.

ALGEMEEN

In een melkleidingsinstallatie wordt de melk over een zekere horizontale en/of verticale afstand getransporteerd. Dit gaat, door de aanwezigheid van lucht, met zowel vacuümverliezen als vacuümschommelingen gepaard. Ze zijn in een lange melkslang en een horizontale buis redelijk te voorspellen. De gevolgen van verticale opvoer in melkleidingen zijn niet te overzien door de heen en weer gaande beweging van de melk.

In een nauwe buis en bij meer lucht zullen vacuümschommelingen optreden als gevolg van stootstroming. Daarentegen bestaat in een wijde buis door te geringe stroomsnelheid de kans dat melk in doorzakkingen van de buis blijft staan. Een extra luchtinlaat bevordert weliswaar de afvoer, doch verhoogt het vacuümverlies; bij plotselinge luchtinlaten kan het vacuüm zelfs tijdelijk wegvalen. Voor lange leidingen moet dus een compromis worden gezocht tussen te lage stroomsnelheden of te hoge vacuümverliezen. De enig afdoende remedie is het tot een minimum beperken van de transportafstand hetgeen b.v. in een doorloopmelkstal wordt bereikt.

Schuim is als stromingsbeeld te verklaren wanneer veel melk door een nauwe opening wordt geperst. Als er één plaats in de melkmachine is waar het kan optreden, is dit waar de melk onder invloed van het vacuüm uit het nauwe slotgat van de speen treedt en dan met de lucht in aanraking komt.

Eenmaal ontstaan schuim zal zich door de installatie verder verplaatsen. Verlaging van het vacuüm kan bijdragen tot vermindering van de schuimvorming.

MELKSLANG

In de praktijk wordt algemeen een lange melkslang met een binnendiameter van 14 mm toegepast. In een oplopende slang is het vacuümverlies minimaal als de doorstromende hoeveelheden 20 l/min werkelijke (geëxpandeerde) lucht bevatten. Hiertoe wordt door de fabrikanten een gaatje in de melkklauw geboord. De grootte hiervan hangt mede af van de wanddikte van de melkklauw, het bedrijfsvacuüm en de gemiddelde hoogte van de barometerstand ter plaatse.

Het onvermijdelijke vacuümverlies bedraagt bij een melksnelheid van ca. 4 l/min: 2 cm Hg per meter slanglengte en per meter opvoerhoogte. Theoretisch is er wel minder verlies in een wijdere slang met meer lucht doch voor en na de volle melkstroom doet zich dan het bezwaar van een op en neer klotsende melkkolom gelden.

In een 2 m lange oplopende slang van 14 mm kan dus $(2+2)2=8$ cm Hg vacuümverlies optreden. In 1 m melkslang aan een lage melkleiding is dit slechts 2 cm Hg. Bij uitsluitend afloop kan de luchtinlaat minder zijn. Uit praktische overwegingen kan echter per melkslang altijd worden gerekend met een luchtinlaat van 20 l/min.

MELKLEIDING

De vereiste leidingdiameter hangt nauw samen met de vacuümverliezen en vacuümschommelingen, die men bij de verlangde melksnelheid wil toestaan. Daarbij maakt het verschil of de leiding met één of beide einden in de lucht-afscheider uitmondt.

LUCHT

De doorstromende luchthoeveelheid volgt uit het aantal melkstellen $\times 20$ l/min werkelijke lucht.

Het is gebruikelijk om de luchthoeveelheden uit te drukken in volume-eenheden bij atmosferische omstandigheden op zeeniveau (vrije lucht bij 76 cm Hg en 20 °C).

In een melkleiding heerst een lagere druk zijnde het verschil tussen de barometerstand en het vacuüm. De werkelijke luchthoeveelheid is naar verhouding van het verschil tussen barometerstand en het vacuüm altijd groter dan de vrije luchthoeveelheid.

MELK

De gemiddelde doorstromende hoeveelheden melk zijn gemakkelijk te berekenen, doch de installatie zal ook pieken met een redelijk vacuümverlies moeten kunnen verwerken. Overigens blijft het arbitrair in hoeverre men met optredende pieken rekening moet houden. De ontwerper zal eventueel de hoeveelheden hoger of het vacuümverlies lager kiezen. De installatie zal dan ook voldoen als in de toekomst mogelijk hogere prestaties worden gewenst.

Onderstaande tabel geeft een richtlijn voor de te hanteren melkhoeveelheden bij verschillende prestaties en gemiddelde melkgiften per koe.

Koeien per uur bij gem. melkgift per koe per keer		melkhoeveelheden 1/min
10 l	14 l	
20	10	5
40	20	10
60	40	15
90	60	20
120	80	25
150	100	30
	120	35
	150	40

TOELICHTING OP DE TABELLEN

De hiernavolgende tabellen kunnen worden gebruikt om de meest gewenste leidingdiameter te bepalen. Op het uitslaande gedeelte van het achteromslag bevindt zich een hulptabel met de door de melkleiding stromende hoeveelheden werkelijke lucht en melk. Iedere melkhoeveelheid is gecombineerd met een 4, 8, 12 en 16 x grotere luchthoeveelheid. In het rechter gedeelte van de hulptabel is af te lezen hoeveel vrije lucht de werkelijke lucht vertegenwoordigt. Hiertoe kiest men de kolom onder het gewenste vacuüm, vermeld achter de heersende barometerstand. In voorkomende gevallen kan tussen twee kolommen worden geïnterpoleerd.

De hulptabel correspondeert met alle binnenste tabellen, bevattende de leidinglengtes waarbij zich het vacuümverlies voordoet dat boven iedere tabel is aangegeven. Onder elke binnendiameter bevinden zich twee kolommen voor de gevallen dat één of beide einden in de lucht-afscheider uitmondt. De gunstigste situatie met betrekking tot vacuüschommelingen of stilstaande melk doet zich voor ter hoogte van de ——— lijn. Boven deze lijn neemt de kans op stilstaande melk toe. Onder de lijn neemt de kans op stootstroming met vacuüschommelingen toe. De meest gunstige situaties zijn omlijnd.

VOORBEELDEN

A.

Gegeven: 19 m melkleiding
binnendiameter 35 mm
tweezijdig aangesloten
12 melkstellen
hoge melkgift (gem. 14 l/keer)
max. 2 cm Hg vacuümverlies

Gevraagd: hoeveel koeien kunnen met deze installatie per uur worden gemolken?

Zoek in de tabel van 2 cm Hg vacuümverlies onder \emptyset 35 mm tweezijdig aangesloten: 19 m. In de hulptabel vindt men op dezelfde regel 20 l/min melk en 240 l/min lucht, overeenkomend met 12 melkstellen à 20 l/min lucht. 20 l/min melk betekent dat bij een gem. melkgift van 14 l per koe per keer 60 koeien per uur*) kunnen worden gemolken. Bij lagere melkgiften (10 l/koe/keer) kunnen met deze installatie 90 koeien per uur*) worden gemolken. In dit geval vindt men 19 m dicht bij de ——— lijn waar zich het gunstigste stromingsbeeld voordoet.

B

Gegeven: dezelfde installatie
prestatie 80 koeien/uur.

Gevraagd: optredend vacuümverlies.

80 koeien per uur bij een gem. melkgift van 14 liter betekent: 25 l/min melk^{*}). In de hulptabel neemt men 25 l/min melk en 200 of 300 l/min lucht. In de tabel van 2 cm Hg vacuümverlies komt men dan op een lengte tussen 18 en 12 m, hetgeen minder is dan de gegeven 19 m. In de tabel van 3 cm Hg vacuümverlies komt men op een lengte tussen 28 en 19 m. Bij de gegeven prestatie moet dus op meer dan 2 cm Hg en minder dan 3 cm Hg worden gerekend. Een iets wijdere leiding (35-40 mm) zou iets gunstiger zijn, mede met betrekking tot het stromingsbeeld.

C.

Gegeven: 2 x 8 m melkleiding; binnendiameter
35 mm; eenzijdig aangesloten
2 x 6 melkstellen
80 koeien/uur bij hoge melkgift

Gevraagd: optredend vacuümverlies.

Aan elke leiding behoeven geen 80 koeien/uur te worden gemolken doch meer dan gem. 40 koeien/uur daar afwisselend links en rechts wordt gemolken.

Stel dat elke leiding op 60 koeien/uur moet zijn berekend dan gaat er 20 l/min melk^{*}) en $6 \times 20 = 120$ l/min lucht door.

In de hulptabel vindt men 20 l/min melk met 80 en 160 l/min lucht gecombineerd. Op dezelfde regel vindt men in de tabel van:

2 cm Hg onder \emptyset 35 eenz.:	3 - 6 m
3 cm Hg	5 - 9 m
4 cm Hg	7 - 12 m

Men moet dus rekening houden met een vacuümverlies van 3 - 4 cm Hg.

^{*}) zie tabel blz. 5

D.

Gegeven: 130 m melkleiding in grupstal op ca.
1,80 hoogte; tweezijdig aangesloten.
6 melkstellen
40 koeien per uur

Gevraagd: gunstigste binnendiameter en totaal
te verwachten vacuümverlies.

De melkslang is hier 2 m lang en loopt onge-
veer 2 m omhoog. Bij een snelmelkende koe kan
hierin $2 \times 2 + 2 \times 2 = 8$ cm Hg vacuümverlies op-
treden (blz.3), zodat het vacuümverlies in de
melkleiding tot een minimum moet worden be-
perkt.

40 koeien/uur bij een gemiddelde melkgift van
14 l betekent dat er 15 l/min melk*) door de
leiding moet kunnen, tezamen met $60 \times 20 = 120$
l/min lucht. In de tabel van 3 cm Hg verlies
vindt men op de regel van 15 en 120 l/min melk
en lucht: 134 m onder \emptyset 40 mm, tweezijdig aan-
gesloten. Bij 2 cm Hg vacuümverlies vindt men
144 m onder \emptyset 45 mm binnendiameter.

De keuze tussen \emptyset 40 of \emptyset 45 wordt mede be-
paald door de afstand tot de ----- lijn, die in
het laatste geval groter is. Voor het verkrij-
gen van het gunstigste stromingsbeeld zal de
keus vallen op \emptyset 40 mm. Daarbij moet er reke-
ning mee worden gehouden dat in enkele geval-
len het totale vacuümverlies $8 + 3 = 11$ cm Hg
kan bedragen.

E.

Gegeven: 220 m melkleiding, verder als voor-
beeld D.

\emptyset 50 mm	geeft 2 cm Hg verlies over	219 m
\emptyset 45	3	216
\emptyset 40	5	224

Naarmate het stromingsbeeld gunstiger wordt
neemt het vacuümverlies toe. Ondanks alle mo-
gelijke compromissen komt men in dergelijke
situaties tot onbevredigende oplossingen.

F.

Hoeveel vrije lucht vertegenwoordigt 160 l/min werkelijke lucht bij een vacuüm van 38 cm Hg op 2000 m boven zeeniveau?

De buitenluchtdruk daalt hier tot ongeveer 60 cm Hg; achter 61 cm Hg barometerstand is o.a. een vacuüm van 39 cm Hg vermeld. In de betreffende kolom vindt men achter 160 l/min werkelijke lucht 48 l/min vrije lucht.

SLOTOPMERKINGEN

Tot 30 meter melkleiding eenzijdig aangesloten of 60 meter melkleiding tweezijdig aangesloten is met een binnendiameter van 35-40 mm meestal een oplossing te vinden, waarbij het vacuümverlies tot 2 cm Hg beperkt en het stromingsbeeld aanvaardbaar blijft.

Voor grotere lengtes zal altijd een compromis moeten worden gevonden; of dit nog aanvaardbaar is, is ter beoordeling van de ontwerper. Voorbeeld E geeft een situatie die in feite onaanvaardbaar is. In dit geval kan beter tot een andere stalvorm met doorloopmelkstal worden overgegaan.

Het geval van voorbeeld D kan eventueel worden aanvaard als alle andere factoren, die het melken beïnvloeden, zo gunstig mogelijk worden genomen. Er kan b.v. aandacht worden besteed aan de verdeling van de melkstellen over de leiding of de plaatsing van droge en snelmelkende koeien.

Voor de installateur geldt:

- zo weinig mogelijk bochten
- geen scherpe bochten
- geen luchtlekkages.

*) zie tabel blz. 5

Leidinglengte in m bij een vacuümverlies van 1 cm Hg
corresponderend met hoeveelheden op uitslaand omslag.

Binnendiameter; 1 of 2 einden aangesloten

30 mm		35 mm		40 mm		45 mm		50 mm	
1	2	1	2	1	2	1	2	1	2
26	211	49	392	83	669	134		204	
16	128	30	237	50	405	81	648	123	988
11	86	20	160	34	271	54	434	83	661
8	61	14	114	24	194	39	311	59	473
7	53	12	98	21	167	33	268	51	408
4	32	7	59	13	101	20	162	31	247
2	21	5	40	8	68	14	108	21	165
2	15	3	28	6	48	9	78	15	118
3	24	5	44	9	74	15	119	23	181
2	14	3	26	6	45	9	72	14	110
	10	2	18	4	30	6	48	9	74
	7		13	3	22	4	34	7	53
2	13	3	25	5	42	8	67	13	102
	8	2	15	3	25	5	40	8	62
	5		10	2	17	3	27	5	41
	4		7		12	2	19	3	30
	8	2	16	3	27	5	43	8	65
	5		9	2	16	3	26	5	39
	3		6		11	2	17	3	26
	2		4		8		12	2	19
	6		11	2	19	4	30	6	45
	3		6		11	2	18	3	27
	2		4		7		12	2	18
			3		5		8		13
	4		8		14	2	22	4	33
	2		5		8		13	2	20
			3		5		9		13
			2		4		6		10
	3		6		10	2	17	3	25
	2		3		6		10	2	15
			2		4		7		10
			2		3		5		7

Leidinglengte in m bij een vacuümverlies van 2 cm Hg
corresponderend met hoeveelheden op uitslaand omslag.

Binnendiameters; 1 of 2 einden aangesloten

30 mm		35 mm		40 mm		45 mm		50 mm	
1	2	1	2	1	2	1	2	1	2
53	423	98	784	167		268		408	
32	256	59	474	101	809	162		247	
21	171	40	317	67	541	108	867	165	
15	122	28	227	48	388	77	621	118	946
13	105	24	196	41	334	66	535	102	816
8	64	14	118	25	202	40	324	61	493
5	42	10	79	16	135	27	216	41	330
3	30	7	56	12	96	19	155	29	236
5	47	10	87	18	148	29	238	45	362
3	28	6	52	11	89	18	144	27	219
2	19	4	35	7	60	12	96	18	146
	13	3	25	5	43	8	68	13	105
3	26	6	49	10	83	16	133	25	204
2	16	3	29	6	50	10	81	15	123
	10	2	19	4	33	6	54	10	82
	7		14	3	24	4	38	7	59
2	16	3	31	6	53	10	85	16	130
	10	2	18	4	32	6	51	9	78
	6		12	2	21	4	34	6	52
	4		9		15	3	24	4	37
	11	2	21	4	37	7	59	11	90
	7		13	2	22	4	36	6	54
	4		8		15	3	24	4	36
	3		6		10	2	17	3	26
	8	2	16	3	27	5	43	8	66
	5		9	2	16	3	26	5	40
	3		6		11	2	17	3	26
	2		4		7		12	2	19
	6		12	2	20	4	33	6	50
	4		7		12	2	20	3	30
	2		4		8		13	2	20
	2		3		6		9		14

Leidinglengte in m bij een vacuümverlies van 3 cm Hg
corresponderend met hoeveelheden op uitslaand omslag.

Binnendiameters; 1 of 2 einden aangesloten

30 mm		35 mm		40 mm		45 mm		50 mm	
1	2	1	2	1	2	1	2	1	2
79	634	147		250		401		612	
48	384	88	711	151		243		370	
32	256	59	476	101	812	162		247	
23	184	42	340	72	581	116	931	177	
19	158	36	294	62	501	100	803	153	
12	96	22	177	37	303	60	486	92	740
8	64	14	119	25	203	40	325	61	495
5	45	10	85	18	145	29	232	44	355
8	70	16	130	27	222	44	357	68	544
5	42	9	78	16	134	27	216	41	329
3	28	6	52	11	90	18	144	27	220
2	20	4	37	8	64	12	103	19	157
4	39	9	73	15	125	25	200	38	306
3	24	5	44	9	75	15	121	23	185
2	16	3	29	6	50	10	81	15	123
	11	2	21	4	36	7	58	11	88
3	25	5	47	10	80	16	128	24	195
	15	3	28	6	48	9	77	14	118
	10	2	19	4	32	6	52	9	79
	7		13	2	23	4	37	7	56
2	17	4	32	6	55	11	89	16	135
	10	2	19	4	33	6	54	10	82
	7		13	2	22	4	36	6	55
	5		9	2	16	3	25	4	39
	12	3	24	5	40	8	65	12	99
	7		14	3	24	4	39	7	60
	5		9	2	16	3	26	5	40
	3		6		11	2	19	3	28
	9	2	18	3	31	6	50	9	76
	6		11	2	18	3	30	5	46
	4		7		12	2	20	3	30
	2		5		9		14	2	22

Leidinglengte in m bij een vacuümverlies van 4 cm Hg
corresponderend met hoeveelheden op uitslaand omslag.

Binnendiameters; 1 of 2 einden aangesloten

30 mm		35 mm		40 mm		45 mm		50 mm	
1	2	1	2	1	2	1	2	1	2
105	846	196		334		535		816	
64	512	118	948	202		324		493	
42	342	79	634	135		216		330	
30	245	56	454	96	775	155		236	
26	211	49	392	83	668	133		204	
16	128	29	237	50	404	81	648	123	987
10	85	19	158	33	270	54	433	82	661
7	61	14	113	24	193	38	310	59	473
11	94	21	174	37	297	59	476	90	725
7	56	13	105	22	179	36	288	54	438
4	38	8	70	15	120	24	192	36	293
3	27	6	50	10	86	17	137	26	210
6	52	12	98	20	167	33	267	51	408
4	32	7	59	12	101	20	162	30	246
2	21	4	39	8	67	13	108	20	165
	15	3	28	6	48	9	77	14	118
4	33	7	62	13	106	21	171	32	261
2	20	4	37	8	64	12	103	19	157
	13	3	25	5	43	8	69	13	105
	9	2	18	3	30	6	49	9	75
2	23	5	43	9	74	14	118	22	181
	14	3	26	5	44	9	72	13	109
	9	2	17	3	30	6	48	9	73
	6		12	2	21	4	34	6	52
2	17	4	32	6	54	10	87	16	133
	10	2	19	4	32	6	52	10	80
	6		12	2	22	4	35	6	53
	5		9	2	15	3	25	4	38
	13	3	24	5	41	8	66	12	101
	8		14	3	25	5	40	7	61
	5		9	2	16	3	27	5	41
	3		7		12	2	19	3	29

Leidinglengte in m bij een vacuümverlies van 5 cm Hg
corresponderend met hoeveelheden op uitslaand omslag.

Binnendiameters; 1 of 2 einden aangesloten

30 mm		35 mm		40 mm		45 mm		50 mm	
1	2	1	2	1	2	1	2	1	2
132		245		417		669			
80	640	148		252		405		617	
53	428	99	793	169		271		413	
38	306	71	568	121	969	194		295	
33	264	61	490	104	835	167		255	
20	160	37	296	63	505	101	810	154	
13	107	24	198	42	338	67	542	103	826
9	76	17	141	30	242	48	388	73	591
14	117	27	217	46	371	74	595	113	906
8	71	16	131	28	224	45	360	68	548
5	47	11	88	18	150	30	240	45	367
4	34	7	63	13	107	21	172	32	262
8	66	15	122	26	208	41	334	63	510
5	40	9	74	15	126	25	202	38	308
3	26	6	49	10	84	16	135	25	206
2	19	4	35	7	60	12	96	18	147
5	42	9	78	16	133	26	214	40	326
3	25	5	47	10	80	16	129	24	197
2	17	3	31	6	54	10	86	16	132
	12	2	22	4	38	7	62	11	94
3	29	6	54	11	92	18	148	28	226
2	17	4	32	7	56	11	90	17	137
	11	2	22	4	37	7	60	11	91
	8		15	3	26	5	43	8	65
2	21	5	40	8	68	13	109	20	166
	13	3	24	5	41	8	66	12	100
	8	2	16	3	27	5	44	8	67
	6		11	2	19	3	31	6	48
2	16	3	30	6	52	10	83	15	127
	10	2	18	3	31	6	50	9	77
	6		12	2	21	4	33	6	51
	4		8		15	3	24	4	36

Leidingslengte in m bij een vacuümverlies van 6 cm Hg
corresponderend met hoeveelheden op uitslaand omslag.

Binnendiameters; 1 of 2 einden aangesloten

30 mm		35 mm		40 mm		45 mm		50 mm	
1	2	1	2	1	2	1	2	1	2
158		294		500		803			
96	768	178		302		486		840	
64	514	119	953	203		325		496	
46	367	85	682	145		233		354	
40	317	73	588	125		200		306	
24	192	44	355	76	606	121		186	
16	128	29	238	50	406	81	650	124	991
11	91	21	169	36	290	57	466	88	709
17	141	32	261	55	445	89	714	136	1087
10	85	19	157	34	269	54	432	82	658
7	57	13	106	22	180	36	288	54	441
5	41	9	76	16	129	25	206	39	315
10	79	18	147	31	250	50	401	76	612
6	48	11	89	18	151	30	242	46	370
4	31	7	59	12	101	20	162	30	247
3	23	5	42	9	72	14	115	22	177
6	50	11	94	20	160	32	257	48	391
4	30	7	56	12	96	19	155	29	236
2	20	4	37	8	65	12	103	19	158
	14	3	26	5	46	9	74	14	113
4	35	8	65	14	111	22	178	34	271
2	20	5	38	8	67	13	108	20	164
	13	3	26	5	44	9	72	13	109
	9	2	18	4	31	6	51	9	78
3	25	6	48	10	82	16	131	25	199
2	15	3	29	6	49	10	79	15	120
	9	2	19	4	32	6	53	10	80
	7		13	3	23	4	37	7	58
2	19	4	36	7	62	12	100	19	152
	12	2	21	4	37	7	60	11	92
	7		14	3	25	5	40	7	61
	5		10	2	18	3	29	5	43

Leidinglengte in m bij een vacuümverlies van 7 cm Hg
corresponderend met hoeveelheden op uitslaand omslag.

Binnendiameters; 1 of 2 einden aangesloten

30 mm		35 mm		40 mm		45 mm		50 mm	
1	2	1	2	1	2	1	2	1	2
185		343		586		938			
112	896	207		355		567		865	
75	598	140		237		380		578	
53	429	100	794	170		272		414	
46	389	86	686	146		235		357	
28	224	52	415	88	707	142		216	
19	149	35	276	60	472	94	758	144	
13	107	25	198	42	338	69	542	103	
21	164	39	304	65	520	104	833	158	
12	98	23	184	39	313	63	504	96	766
9	66	16	122	26	210	42	336	85	512
6	47	11	87	19	150	30	240	46	367
11	91	22	171	37	292	59	467	89	714
7	56	13	103	22	177	35	284	54	430
5	37	8	68	15	117	24	189	36	289
4	26	6	49	10	84	17	135	27	206
7	58	13	108	24	185	38	299	57	457
5	35	8	65	14	112	23	180	34	275
3	23	5	44	10	75	15	121	23	184
2	16	4	32	7	54	11	86	17	131
5	40	9	75	16	129	26	206	39	317
3	25	6	46	10	77	16	126	24	191
2	16	4	30	7	63	10	84	16	128
	11	2	21	4	37	7	60	11	91
4	30	7	56	12	94	19	152	29	233
2	18	4	33	7	56	11	91	18	140
	12	3	21	5	39	8	61	11	93
	10	2	16	3	26	5	44	8	66
3	23	5	42	9	72	15	115	22	177
2	14	3	25	5	44	9	70	13	107
	10	2	16	3	28	6	47	9	72
	6		12	2	21	4	33	6	51

Leidinglengte in m bij een vacuümverlies van 8 cm Hg
 corresponderend met hoeveelheden op uitslaand omslag.

Binnendiameters; 1 of 2 einden aangesloten

30 mm		35 mm		40 mm		45 mm		50 mm	
1	2	1	2	1	2	1	2	1	2
211		392		669					
128		237		405		648		988	
86	684	160		271		434		661	
61	490	114	908	194		311		473	
53	422	98	784	167		268		408	
32	256	59	474	101	808	162		247	
21	170	40	316	68	540	108	866	165	
15	122	28	226	48	386	78	620	118	
24	188	44	348	74	594	119	952	181	
14	112	26	210	45	358	72	576	110	876
10	76	18	140	30	240	48	384	74	586
7	54	13	100	22	172	34	274	53	420
13	104	25	196	42	334	67	534	102	816
8	64	15	118	25	202	40	324	62	492
5	42	10	78	17	134	27	216	41	330
4	30	7	56	12	96	19	154	30	236
8	66	16	124	27	212	43	342	65	522
5	40	9	74	16	128	26	206	39	314
3	26	6	50	11	86	17	138	26	210
2	18	4	36	8	60	12	98	19	150
6	46	11	86	19	148	30	236	45	362
3	28	6	52	11	88	18	144	27	218
2	18	4	34	7	60	12	96	18	146
	12	3	24	5	42	8	68	13	104
4	34	8	64	14	108	22	174	33	256
2	20	5	38	8	64	13	104	20	160
	12	3	24	5	44	9	70	13	106
	10	2	18	4	30	6	50	10	76
3	26	6	48	10	82	17	132	25	202
2	16	3	28	6	50	10	80	15	122
	10	2	18	4	32	7	54	10	82
	6	2	14	3	24	5	38	7	58

HULPTABEL

Hoe veel- heden melk l/min	Wer- ke- lijke lucht l/min	Bar.	Vacuüm				cm Hg			
		76 71 66 61	16 11	23 18 13	31 26 21 16	38 33 28 23	46 41 36 31	54 49 44 39	61 56 51 46	69 64 59 54
5	20	1/min	16	14	12	10	8	6	4	2
	40		32	28	24	20	16	12	8	4
	60		48	42	36	30	24	18	12	6
	80		64	56	48	40	32	24	16	8
10	40		32	28	24	20	16	12	8	4
	80		64	56	48	40	32	24	26	8
	120		96	84	72	60	48	36	24	12
	160		128	112	96	80	64	48	32	16
15	60		48	42	36	30	24	18	12	6
	120		96	84	72	60	48	36	24	12
	180		144	126	108	90	72	54	36	18
	240		192	168	144	120	96	72	48	24
20	80		64	56	48	40	32	24	16	8
	160		128	112	96	80	64	48	32	16
	240		192	168	144	120	96	72	48	24
	320		256	224	192	160	128	96	64	32
25	100	vrije lucht	80	70	60	50	40	30	20	10
	200		160	140	120	100	80	60	40	20
	300		240	210	180	150	120	90	60	30
	400		320	280	240	200	160	120	80	40
30	120		96	84	72	60	48	36	24	12
	240		192	168	144	120	96	72	48	24
	360		288	252	216	180	144	108	72	36
	480		384	336	288	240	192	144	96	48
35	140		112	98	84	70	56	42	28	14
	280		224	196	168	140	112	84	56	28
	420		336	294	252	210	168	126	84	42
	560		448	392	336	280	224	168	112	56
40	160		128	112	96	80	64	48	32	16
	320		256	224	192	160	128	96	64	32
	480		384	336	288	240	192	144	96	48
	640		512	448	384	320	256	192	128	64

TOEGEPASTE FORMULES

H	Opvoerhoogte	m
L	Buis(slang)lengte	m
D	Binnendiameter	cm
A	Aansluitingen	1 of 2
Q _m	Melkhoeveelheid	l/min
Q	Vrije lucht	l/min
P	Bar. - Vacuüm	m H ₂ O
Δp	Vacuümverlies	cm Hg
Q _a	Werkelijke lucht	10Q/P

HORIZONTALALE BUIS

Gelaagde stroming:	Q _m < D ² A
anders: prop-	Q _a < (2D) ² A
stootstroming:	Q _a > (2D) ² A
Schuimstroming:	Q _m > (4D) ² A

per 8 m een bocht
kromtestraal 35 cm

$$\Delta p \leq L(Q_m + Q/P)^2 / A^3 (2D)^4$$

OPLOPENDE SLANG

$$\Delta p_{\min} \leq (H+L)Q_m / D^2$$

— als Q_a = 10 D²

STICHTING HISTORISCHE LANDBOUWTECHNIEK
— BIBLIOTHEEK —

Nummer :

Verworven in : APRIL 1986

Geschonken door : HR. A.H. WESSELIINGH