

Indhold

1	Matematik	13	3	Fysik og varmelære	53
1.1	Algebra	15	3.1	Symboler og enheder	55
1.1.1	Potensopløftning	15	3.1.1	SI-enhedssystemet	55
1.1.2	Roduddragning	15	3.1.2	Præfixer, dele af enheder	55
1.1.3	Differens- og kvotientrækker	15	3.1.3	Det græske alfabet	55
1.1.4	Ligninger	15	3.1.4	Målsystemer, /8/	56
1.2	Funktioner	16	3.1.5	Eksempel	57
1.2.1	Logaritme	16	3.1.6	Symboler	57
1.2.2	Trigonometri	16	3.2	Materiale- og stofdata	58
1.2.3	Differentiation	17	3.2.1	Vand, /5/	58
1.2.4	Integration	17	3.2.2	Vanddamp, /154/	59
1.2.5	Differentialkvotienter og integraler	17	3.2.3	Luft, /5/	60
1.3	Geometri	18	3.2.4	Faste stoffer	61
1.3.1	Koordinatsystem (x,y)	18	3.2.5	Gasarter, /7/	62
1.3.2	Cirkel	19	3.2.6	Væsker, /7/	63
1.3.3	Parabel	19	3.2.7	Div. gasarter og væsker, /7/	64
1.3.4	Ellipse	20	3.2.8	Strålingstal, /8/	66
1.3.5	Hyperbel	20	3.3	Termodynamik	67
1.3.6	Plane flader	20	3.3.1	Begreber og definitioner	67
1.3.7	Rumlige legemer	24	3.3.2	Varmelærens 1. og 2. hoved- sætning	67
1.4	Usikkerhedsteori	29	3.3.3	Eksempel	70
1.4.1	Usikkerheden på n målinger af en størrelse	29	3.4	Forbrænding	70
1.4.2	Usikkerheden på en sammensat måling	29	3.4.1	Brændselsanalyser, faste og flydende brændsler	70
1.4.3	Anvendelse af computer til beregning af usikkerhed	30	3.4.2	Gasformige brændsler	70
2	Økonomi	33	3.4.3	Øvre og nedre brændværdi	71
2.1	Forrentning	35	3.4.4	Luftforbrug og røggasvolumen	71
2.2	Amortisation	35	3.4.5	Tab	72
2.2.1	Opsparing	35	3.4.6	Virkningsgrad, energibalance	74
2.2.2	Tilbagebetaling	35	3.4.7	Forenklede formler for røgtabet	74
2.3	Diskontering	35	3.4.8	Eksempel	74
2.4	Lønsomhed	44	3.5	Varmeoverføring	74
2.4.1	Nuværdimetoden	44	3.5.1	Varmeledning	74
2.4.2	Eksempel	45	3.5.2	Eksempel	75
2.4.3	Eksempel	49	3.5.3	Konvektion	78
2.4.4	Internrentemetoden	49	3.5.4	Eksempel	79
2.4.5	Tilbagebetalingsmetoden	50	3.5.5	Termisk stråling	79
2.4.6	Annuitetsmetoden	50	3.5.6	Varmetransmission	81
2.4.7	Sammenligning mellem metoder - Eksempel	51	3.5.7	Eksempel	82
			3.5.8	Varmevekslere	82
			3.5.9	Litteratur	83
			3.6	Strømningslære	83
			3.6.1	Hydrostatik	83
			3.6.2	Kontinuitetsligningen for masse	84

3.6.3	Bernoullis ligning	84	6.1.1	Definitioner	163
3.6.4	Pitotrør (Prandtl-rør)	85	6.1.2	Fyrede varmecentraler, udrustning	163
3.6.5	Dyseudstrømning	85	6.1.3	Ufyrede varmecentraler, udrustning	166
3.6.6	Rørstrømning	86	6.2	Pejse, brændeovne og luftvarmere	170
3.6.7	Tryktab og pumpearbejde	86	6.2.1	Pejse	170
3.6.8	Eksempel	87	6.2.2	Brændeovne	170
3.6.9	k_v -faktor	89	6.2.3	Luftvarmere	171
3.6.10	Impulssætningen	89	6.3	Oliefyring	173
3.6.11	Eksempel	90	6.3.1	Brænder- og kedeltyper (små anlæg)	173
4	Varmebehov og varmeforbrug	91	6.3.2	Brænder- og kedeltyper (større anlæg)	175
4.1	Generelt	93	6.3.3	Energiøkonomi	178
4.1.1	Definitioner	94	6.3.4	Dimensionering	179
4.1.2	Reglementer, normer og standarder	95	6.3.5	Emissionsforhold	181
4.2	Klimadata	95	6.3.6	Myndighedsforhold	181
4.3	Rumopvarmning	100	6.4	Gasfyring	183
4.3.1	Dimensionerende temperaturer	102	6.4.1	Brænder- og kedeltyper (små anlæg)	183
4.3.2	U-værdier og isolanser	103	6.4.2	Brænder- og kedeltyper (større anlæg)	185
4.3.3	Transmissionstab	107	6.4.3	Energiøkonomi	186
4.3.4	Ventilationstab	107	6.4.4	Dimensionering	188
4.3.5	Eksempel	109	6.4.5	Eksempel	188
4.4	Energibehov til rumopvarmning	110	6.4.6	Eksempel	189
4.4.1	Interne varmetilskud	110	6.4.7	Emissionsforhold	189
4.4.2	Solindfald	110	6.4.8	Myndighedsforhold	189
4.4.3	Energibehovsberegning	120	6.5	Fastbrændselsfyring	190
4.4.4	Eksempel: Beregning af varmebehov i relation til energirammen	122	6.5.1	Forbrændingsprincipper og betegnelser	190
4.5	Genopvarmning	127	6.5.2	Kedeltyper	191
4.5.1	Instationær varmebalance	127	6.5.3	Røgrensning	192
4.5.2	Eksempel	129	6.5.4	Energiøkonomi	193
4.6	Varmt brugsvand	129	6.5.5	Dimensionering	193
4.6.1	Vandnormen DS 439	131	6.5.6	Emissionsforhold	194
4.6.2	Nyt dimensioneringsgrundlag	136	6.5.7	Myndighedsforhold	194
5	Varmekilder/brændsler	141	6.6	Kraftvarme	195
5.1	Generelt	143	6.6.1	Generelt	195
5.2	Brændsler	143	6.6.2	Energisætning	195
5.2.1	Faste brændsler	143	6.6.3	Begreber og definitioner	196
5.2.2	Flydende brændsler	150	6.6.4	Eksempel	197
5.2.3	Gasformige brændsler	154	6.6.5	Anlægstyper	198
5.3	El	154	6.6.6	Kobling til varmenettet	202
5.4	Vindenergi	154	6.6.7	Eksempel	203
5.5	Solvarmeanlæg	157	6.6.8	Eksempel	204
5.6	Jord- og luft- og grundvandsvarme	158	6.6.9	Myndighedsforhold	204
5.7	Biovarme	159	6.7	Varmevekslere	206
6	Varmeproducerende anlæg	161			
6.1	Generelt	163			

8 - Indhold

6.7.1	Typer	206	8.1.4	Præisolerede fjernvarmerør	242
6.7.2	Dimensionering, varmevekslere	206	8.1.5	Love, standarder og vejledninger	242
6.7.3	Myndighedsforhold, varmevekslere	207	8.2	Fjernvarmecentraler	245
6.8	Varmepumper	207	8.2.1	Oliefyrede centraler	245
6.8.1	Varmepumpetyper	207	8.2.2	Naturgasfyrede centraler	248
6.8.2	Effektfaktor	207	8.2.3	Kulfyrede centraler	249
6.8.3	Eksempel	208	8.2.4	Halmfyrede centraler	250
6.8.4	Myndighedsforhold	208	8.2.5	Flisfyrede centraler	251
6.9	Solvarme	208	8.3	Andre fjernvarmeproduktions-anlæg	251
6.9.1	Generelt	208	8.3.1	Affaldsforbrænding	251
6.9.2	Solfangeren	209	8.3.2	Kraftvarmeanlæg baseret på damp-turbiner	252
6.9.3	Solfangerorientering	209	8.3.3	Andre kraftvarmeanlæg med motor og turbine	253
6.9.4	Solfangereffektivitet	209	8.3.4	Varmepumper, biogas, solvarme mv.	254
6.9.5	Dimensionering	211	8.3.5	Varmelagre	254
6.9.6	Installation	214	8.3.6	Varmevekslere til transmissions-systemer	255
6.9.7	Myndighedsforhold	215	8.4	Varmebehovet og dets variation	255
6.9.8	Anbefalet litteratur	216	8.4.1	Årsvarmebehov og tilslutningseffekt	255
7	Varmebærende medier	217	8.4.2	Varmebehovet hos de enkelte forbrugere	256
7.1	Generelt	219	8.4.3	Samtidighedsforhold og ledningstab	257
7.2	Grundlæggende termodynamik	219	8.4.4	Stikledningsbelastning	258
7.3	Tør og fugtig luft	220	8.4.5	Hovedledningsbelastninger	259
7.3.1	Symboler og standarder	220	8.4.6	Varighedskurve	259
7.3.2	Stofværdier for tør luft	221	8.4.7	Grundlast og spidslast	259
7.3.3	Fugtig luft	221	8.5	Fjernvarmenettets hydraulik	260
7.3.4	Enthalpi for fugtig luft	222	8.5.1	Fjernvarmenet og komponenter	260
7.4	Processer med fugtig luft	223	8.5.2	Varmetransport og varmeflow	260
7.4.1	Blanding af to luftstrømme	223	8.5.3	Vandflow og vandhastighed	260
7.4.2	Tør opvarmning og afkøling af luft	224	8.5.4	Temperaturforhold	262
7.4.3	Afkøling med kondensnedslag	224	8.5.5	Tryktab og rørlednings-karakteristik	262
7.4.4	Befugtning	224	8.5.6	Hydraulisk dimensionering af rør og pumper	264
7.5	Damp	225	8.6	Fjernvarmenettets driftforhold og økonomi	267
7.5.1	Stofdata for damp	225	8.6.1	Fjernvarmenettets driftsforhold	267
7.6	Stofværdier for vand	225	8.6.2	Korrosion og vandbehandling	268
7.7	Opløsning af luft i vand	228	8.6.3	Økonomisk optimale anlægs- og driftsforhold	271
7.8	Briner	228	8.6.4	Energibesparelser og mindre varmetab	273
7.9	Varmebærende medier med faseskift	233	8.7	Fjernvarmeledningerne og deres mekaniske styrke	274
7.9.1	Sjapis	233			
7.9.2	Stofdata for kuldioxid	235			
7.10	Højtemperaturmedier	235			
8	Fjernvarme	237			
8.1	Generelt	239			
8.1.1	Definitioner	239			
8.1.2	Karakteristika for vand	241			
8.1.3	Karakteristika for fjernvarme brændsler og -fyring	242			

8.7.1	Fjernvarmerør og materialer	274	9.4	Pumper	365
8.7.2	Laster og påvirkninger	277	9.4.1	Placering	367
8.7.3	Styrkemæssig dimensionering af stål-medierør	280	9.4.2	Valg af pumpe	367
8.7.4	Optagelse af temperatur-påvirkninger	283	9.4.3	Regulering af pumper	368
8.7.5	Forskellige rørsystemers virkemåde	285	9.4.4	Samkøring af flere pumper	370
8.7.6	Øvrige ledningskomponenter	292	9.5	Varmt brugsvand	371
8.7.7	Lægningsforhold	292	9.5.1	Varmevexlertyper	371
8.7.8	Linieføring	292	9.5.2	Dimensionering af varmevekslere	373
8.8	Fjernvarmeledningers isolering og varmetab	293	9.5.3	Eksempel	375
8.8.1	Rørenes varmetab	293	9.6	Luftvarmeanlæg	375
8.8.2	Rørenes udvendige temperatur	294	9.6.1	Anlægsopbygning	377
8.8.3	Økonomisk optimal isolering	295	9.6.2	Dimensionering af anlægget	378
8.9	Fjernvarmetilslutningsanlæg	296	10	Udførelse	381
8.9.1	Generelt	296	10.1	Generelt	383
8.9.2	Design- og dimensioneringsforhold	298	10.2	Rørledninger	383
8.9.3	Tilslutning af rumopvarmning	300	10.2.1	Materialer og samlinger	383
8.9.4	Opvarmning af brugsvand	304	10.2.2	Synlige rør	385
8.9.5	Komponenter i tilslutningsanlæg	308	10.2.3	Nedstøbte rør	388
8.9.6	Dimensionering af delsystemer og komponenter i tilslutningsanlæg	317	10.2.4	Alternative rørføringer	388
8.10	Fjernvarmeafregning og -måling	321	10.3	Gulvvarmeanlæg	391
8.10.1	Faste og variable omkostninger	321	10.3.1	Materialer og samling	391
8.10.2	Måling af fjernvarmeforbrug	322	10.3.2	Gulvkonstruktioner	392
8.10.3	Fjernvarmemålere	323	10.3.3	Gulvvarme i lette gulvkonstruktioner	393
8.10.4	Dimensionering af fjernvarmemålere	325	10.3.4	Gulvvarme i tunge gulvkonstruktioner	394
9	Varmefordelende anlæg	327	10.4	Ekspansionssystem	395
9.1	Generelt	329	10.4.1	Åben ekspansion	395
9.2	Varmeflader	329	10.4.2	Lukkede anlæg	397
9.2.1	Generelt	329	10.4.3	Typer af ekspansionsbeholdere	398
9.2.2	Radiatorer for vand	329	11	Korrosion	401
9.2.3	Eksempel på brug af diagrammerne	338	11.1	Generelt	403
9.2.4	Anlægsopbygning	339	11.1.1	Korrosion af metaller	403
9.2.5	Gulvvarme	341	11.2	Udvendig tæring på rørsystem	403
9.2.6	Strålevarmeanlæg	347	11.2.1	Rørsystemer udsat for tæring	403
9.2.7	El- og gasradiatorer	348	11.3	Indvendig tæring af rørsystem	404
9.3	Rørledninger	351	11.3.1	Ittilførsel	404
9.3.1	Strømningsmodstand	351	11.3.2	Vandbehandling	404
9.3.2	Samlet tryktab	353	11.4	Tæring i kedler	405
9.3.3	Økonomisk rørdimensionering	353	11.4.1	Lavtemperaturkorrosion	405
9.3.4	Støj fra rørsystemet	365	11.5	Tæring i radiatorer	406
9.3.5	Rørtyper	365	11.5.1	Korrosionsforebyggelse	406
			11.6	Korrosion i varmtbrugsvandsanlæg	406
			11.6.1	Korrosionsbeskyttelse af varmtvandsbeholdere	406

12	Isolering	409	14	Skorstene	441
12.1	Generelt	411	14.1	Røggas	443
12.2	Isolering mod energitab	411	14.1.1	Røggassens densitet	443
12.2.1	Isoleringstykkelse	411	14.1.2	Eksempel	443
12.2.2	Isoleringens omfang	412	14.1.3	Den fugtige gasblandings densitet	444
12.2.3	Udførelse	412	14.1.4	Eksempel	444
12.3	Isolering mod høj overflade- temperatur	414	14.1.5	Tilnærmet røggasdensitet	444
12.3.1	Isoleringstykkelse	414	14.1.6	Røggasmængde	444
12.3.2	Udførelse	414	14.1.7	Eksempel	445
12.4	Isolering mod frysning	414	14.1.8	Røggashastighed	446
12.4.1	Isoleringstykkelse	415	14.1.9	Bestemmelse af røggas- hastighed og volumenstrøm ved måling	446
12.4.2	Udførelse	416	14.2	Skorstenstræk	447
12.5	Isoleringsafslutning	416	14.2.1	Generelt	447
12.6	Varmetab fra installationer	417	14.2.2	Naturligt træk	447
12.7	Varmetab fra varmtvands- cirkulationsledninger	419	14.2.3	Eksempel	447
13	Styring og regulering af varmeanlæg	421	14.2.4	Kunstigt træk	449
13.1	Generelt	423	14.2.5	Dimensionering af røggas- ventilator	450
13.2	Styringssystem	423	14.2.6	Eksempel	451
13.3	Reguleringsystem	423	14.2.7	Røgrørets varmeisolering	454
13.4	Reguleringsformer	425	14.2.8	Eksempel	456
13.4.1	Tostillingsregulering	425	14.2.9	Røggassens temperaturfald i kanal og skorsten	457
13.4.2	Flydende regulering	425	14.2.10	Eksempel	457
13.4.3	Proportionalregulering P	427	14.2.11	Røggaskanalens udvendige overfladetemperatur	458
13.4.4	Proportional-integral- regulering PI	427	14.2.12	Eksempel	458
13.5	Reguleringsudstyr	428	14.3	Skorstenshøjder	458
13.5.1	Reguleringsudstyr uden hjælpekraft	428	14.3.1	Generelt	458
13.5.2	Elektromekanisk regulerings- udstyr	428	14.3.2	Spredningsmeteorologisk beregning	458
13.5.3	Pneumatisk reguleringsudstyr	428	14.4	Skorstene efter Miljøstyrelsens ny luftvejledning	459
13.5.4	Elektronisk reguleringsudstyr	428	14.4.1	Mindre fyringsanlæg for gasolie og gas	459
13.5.5	Digitale systemer	429	14.4.2	Mindre fyringsanlæg, hvor der fyres med andet end olie og gas	460
13.6	Måleusikkerhed	431	14.4.3	Skorstene til affalds- forbrændingsanlæg	460
13.6.1	Transmitter	431	14.4.4	Nomogrammetode efter ny Luftvejledning	461
13.6.2	A/D omsætning	431	14.4.5	Eksempel	462
13.6.3	Følere	431	15	Emission	465
13.7	Rørkoblinger	433	15.1	Definitioner	467
13.7.1	Generelt	433	15.2	Luftforurening	468
13.7.2	Reguleringsventiler	434			
13.7.3	Vandsystemer	435			
13.7.4	Dampvarmeflader	439			
13.7.5	Monteringsvejledning (vandkredse)	439			

15.2.1	Naturlige kilder og menneskeskabt forurening	468	16.4.3	Indirekte metode	517
15.2.2	Støv	469	16.5	Varmeanlæg	517
15.2.3	Omregning fra volumenandel til massekoncentration	470	16.6	Lækage i varmeanlæg	518
15.3	Miljøstyrelsens luftvejledning	471	17	Symboler	519
15.3.1	Hovedgruppe 1	471	17.1	Generelt	521
15.3.2	Hovedgruppe 2	471	17.2	Symboler for rørledninger	521
15.3.3	Affaldsforbrændingsanlæg	473	17.3	Samlinger på rørledninger	521
15.3.4	Miljø- og energinøgletal fra energiproduktion	471	17.4	Ventiler	521
15.4	Emissionsmåling	475	17.5	Komponenter til varmeanlæg	522
15.4.1	Egenkontrol	475	17.6	Visere og målere	522
15.4.2	Partikelemissionsmåling (manuel støvmåling)	476	18	Energinøgletal og energistyring	523
15.4.3	Måleudstyr ved manuel støvmåling	476	18.1	Generelt	525
15.4.4	Gasemissionsmåling	477	18.1.1	Definitioner	527
15.4.5	Lugtmåling	477	18.1.2	Normer og standarder	527
15.5	Emissionsbegrænsning	478	18.2	Energistyringens elementer	527
15.5.1	Støv, partikelemission	478	18.3	Energistyrværktøjer	528
15.5.2	Gasser og lugt	483	18.3.1	Graddøgnsbaseret varme- og brændselsforbrug	528
16	Måleteknik	487	18.3.2	Graddøgnssignatur	536
16.1	Temperaturmålinger	489	18.3.3	Energisignatur	538
16.1.1	Glastermometre	489	18.3.4	Varihedskurve	539
16.1.2	Termoelementer	490	18.4	Energistyring i praksis	540
16.1.3	Modstandsfølere, Pt-100	493	18.5	Nøgletal	542
16.1.4	Andre temperaturmålingsprincipper	494	18.5.1	Beregning af energinøgletal for bygninger	543
16.2	Flow-, volumen-, massestrøms- og varmeenergimåling	495	18.5.2	Beregning af energinøgletal for virksomheder	544
16.2.1	Vingehjulsmålere	495	18.6	Miljøstyring	544
16.2.2	Hastighedsmålere	495	18.7	Nøgletalsoversigter	546
16.2.3	Svævelegememålere	497	18.7.1	Forbrug til rumopvarmning	546
16.2.4	Drosselmålere, blænder og dyser	498	18.7.2	Vandforbrug	548
16.2.5	Andre målertyper	499	18.7.3	Elforbrug	550
16.2.6	Oversigt over flowmåleres anvendelsesområder	501	18.7.4	Produktionsprocesser	550
16.2.7	Varmeenegimåling	504		Litteraturliste	555
16.3	Trykmålinger	509		Register	563
16.3.1	U- og skrårørsmanometre	509		Annoncøversigt	569
16.3.2	Bælg- og Bourdonrørsmanometre	510			
16.3.3	Tryktransducere og tryktransmittere	511			
16.4	Måling på kedler og ovne	513			
16.4.1	Direkte metode	514			
16.4.2	Eksempel	516			