

INDHOLD

1 Indledning	1
2 Horisontalretningsmåling med totalstation	3
2.1 Systematiske fejl ved horisontalretningsmåling	3
2.2 Grove fejl ved horisontalretningsmåling	4
2.3 Tilfældige fejl ved horisontalretningsmåling	4
3 Elektrooptisk distancemåling med totalstation	9
3.1 Systematiske fejl ved elektrooptisk distancemåling	9
3.2 Grove fejl ved elektrooptisk distancemåling	11
3.3 Tilfældige fejl ved elektrooptisk distancemåling	11
4 Længdemåling med stålband	15
4.1 Systematiske fejl ved længdemåling med stålband	15
4.2 Grove fejl ved længdemåling med stålband	16
4.3 Tilfældige fejl ved længdemåling med stålband og faldmåler	16
4.4 Tilfældige fejl ved længdemåling med stålband og teodolit	19
5 Højdeforskel bestemt ved geometrisk nivellement	21
5.1 Systematiske fejl ved geometrisk nivellement (teknisk nivellement)	21
5.2 Grove fejl ved geometrisk nivellement	22
5.3 Tilfældige fejl ved geometrisk nivellement	23
6 Højdeforskel bestemt ved trigonometrisk nivellement med totalstation	25
6.1 Systematiske fejl ved trigonometrisk nivellement	25
6.2 Grove fejl ved trigonometrisk nivellement	26
6.3 Tilfældige fejl ved trigonometrisk nivellement	27
6.4 Tilfældige fejl ved trigonometrisk nivellement efter modificeret procedure	30
7 Referencesystemer og referencenet i Danmark	33
7.1 Nettet af permanente GNSS-referencestationer	34
7.2 REFDK-nettet og 10 km-nettet	34
7.3 5D-nettet	36
7.4 Højdenettet og DVR90	36
7.5 Tyngdenettet	37
7.6 RTK-tjenester i Danmark	39
7.7 Netmålinger i forbindelse med bygge- og anlægsarbejder	40
7.8 Danmarks Fikspunktsregister	41
8 Realtime kinematisk GNSS-måling	43
8.1 Generel procedure ved RTK-måling	43
8.1.1 Planlægning af RTK-session	44
8.1.2 Etablering af referencestation (Løsning a og b)	46
8.1.3 Initialisering af mobil enhed	47
8.1.4 Positionering med mobil enhed	49
8.1.5 Koordinatomregning	50
8.1.6 Opgaver med krav om tilknytning til fikspunkter	53
8.2 Systematiske fejl ved RTK-måling	53
8.3 Grove fejl ved RTK-måling	54
8.4 Tilfældige fejl ved RTK-måling	54

9 Grundlæggende regneoperationer i et retvinklet koordinatsystem (E, N)	57
10 Afbildede observationer	59
10.1 Afstands- og retningskorrektioner ved beregning af koordinater i transversalafbildning (UTM, KP 2000, DKTM)	59
10.2 Afstands- og retningskorrektioner ved beregning af koordinater i System 34/45	64
10.3 Afbildningernes anvendelse	67
11 Polær måling	69
11.1 Systematiske fejl ved polær måling med totalstation	69
11.2 Grove fejl ved polær måling med totalstation	70
11.3 Tilfældige fejl ved polær måling med totalstation fra opstilling i kendt punkt	70
11.4 Tilfældige fejl ved polær måling med totalstation fra fri opstilling	76
11.5 Krav vedrørende detailmålingernes nøjagtighed	78
11.6 Tilfældige fejl ved polær måling med terrestrisk laser-scanner	78
12 Introduktion til udjævning efter mindste kvadraters princip	81
12.1 Flere uafhængige målinger af samme størrelse	81
12.2 Vægtet mindste kvadraters princip	86
13 Transformation	89
13.1 2D konform transformation	89
13.1.1 2D transformation (2 translationer, 1 drejning og 1 skalaændring)	93
13.1.2 2D transformation (2 translationer og 1 drejning)	95
13.1.3 2D transformation (2 translationer og 1 skalaændring)	97
13.1.4 2D transformation (2 translationer)	97
13.2 1D translation	97
13.3 Valg af transformationsmetode	99
13.4 Anvendelse af transformation ved polær måling med totalstation	100
13.4.1 Beregning af detailpunkters koordinater ved 2D transformation	101
13.4.2 Beregning af detailpunkters kote ved 1D translation	102
14 Anblok	105
14.1 Anblok i 2D uden skalaændringer	106
14.2 Anblok i 1D	113
15 Geometrisk konstruktion og afsætning	125
15.1 Afsætning af skel og veje	125
15.2 Bygningsafsætning	126
15.3 Afsætning ved realtime kinematisk GNSS-måling	128
15.4 Afsætning ved polær måling med totalstation	130
16 Testberegninger	137
16.1 Testberegninger baseret på mindste kvadraters udjævning	137
16.2 Spredning på en funktion af de ubekendte estimeret ved mindste kvadraters udjævning	144
16.2.1 Spredning på beregnede vektorkomponenter	144
16.2.2 Spredning på beregnet retningsvinkel	145
16.2.3 Spredning på beregnet afstand	145

17 Supplerende metoder til bestemmelse af detailpunkter	151
17.1 Bueskæring	152
17.2 Fremskæring	156
17.3 Ortogonalmåling	161
17.4 Linjeskæring	166
18 Kontrolmålinger	167
18.1 Dobbeltmålinger	167
18.2 Kontrol af bygningsdimension	168
18.3 Kontrol af afsatte punkter	169
18.4 Kontrol af kort	173
Appendiks 1	175
Specifikationer vedrørende totalstationer	
Appendiks 2	177
Korrektion for atmosfæriske forhold ved elektrooptisk distancemåling	
Appendiks 3	179
Korrektion for jordkrumning og refraction ved afstandsmåling og trigonometrisk nivellement	
A3.1 Korrektion for jordkrumning og refraction ved afstandsmåling	179
A3.2 Korrektion for jordkrumning og refraction ved trigonometrisk nivellement	182
Appendiks 4	185
Den geometriske konstellers indflydelse ved GNSS-måling	
Appendiks 5	189
Erfaringer med RTK-måling 2018	
Appendiks 6	191
Parametre vedrørende nyere afbildninger anvendt i Danmark	
Appendiks 7	195
Parametre vedrørende ældre afbildninger anvendt i Danmark	
Appendiks 8	197
Parametre vedrørende referenceellipsoider anvendt i Danmark	
A8.1 Omregning fra geocentriske koordinater (X, Y, Z) til geografiske koordinater (ϕ , λ , h)	197
A8.2 Omregning fra geografiske koordinater (ϕ , λ , h) til geocentriske koordinater (X, Y, Z)	198
A8.3 Jordens krumningsradius ved middelbredden	198
Appendiks 9	199
Grundlæggende regneoperationer i et retvinklet koordinatsystem (Y, X)	

Appendiks 10	201
Praksis ved opmåling med totalstation	
A10.1 Totalstationens opbygning og funktion	201
A10.2 Kontrol af totalstation	204
A10.3 Anbefalinger vedrørende tilrettelæggelse af polær måling	206
A10.4 Data lagret på digital form	211
A10.5 Strategi for identifikation af punkter	213
A10.6 Kodetabeller	214
A10.7 Data lagret i målebog	216
Appendiks 11	219
Om præcision og nøjagtighed	
A11.1 Stikprøver	219
A11.2 Beregning af præcision ved geometrisk nivellement	222
A11.3 Kontrol af totalstationens afstandsmålingsenhed	224
Appendiks 12	231
Testberegninger. Polær måling/afsætning	
Appendiks 13	241
3D konform transformation	
A13.1 3D transformation (3 translationer, 3 drejninger og 1 skalaændring)	248
A13.2 3D transformation (3 translationer og 3 drejninger)	248
Appendiks 14	253
Polygonmåling og polygonberegning	
A14.1 Beregning af blind polygon	254
A14.2 Beregning af almindelig polygon (I, II eller III)	255
A14.3 Beregning af lukket polygon	259
A14.4 Fejlgrænser ved polygonmåling	262
A14.5 Trinvis polygonberegning	264
Appendiks 15	271
Beregning af nivellement	
A15.1 Beregning af geometrisk nivellement	271
A15.2 Fejlgrænser ved geometrisk nivellement	272
A15.3 Beregning af trigonometrisk nivellement	274
A15.4 Fejlgrænser ved trigonometrisk nivellement	275
A15.5 Trinvis beregning af nivellementsnet	276
Appendiks 16	277
Koordinatberegning ved polær detailmåling	
A16.1 Beregning af detailpunkternes koordinater (E og N)	277
A16.2 Beregning af detailpunkternes kote (H)	278
A16.3 Vurdering af afvigelser	278
Referencer	281
Indeks	285