1 NØDVENDIGE UNDERLAG 3
1.1 Nye strekninger 3
1.2 Ombygninger/standardhevinger 4
2 PROSJEKTERINGSFORLØP 5
3 Forprosjektering på fri linje med S 20 7
3.1 Valg av ledningspartlengden. 7
3.2 Beregning av spennlengden 9
3.3 Avspenningsfelt 22
3.4 Seksjonsfelt. 23
3.5 Beregning av siksak 25
3.6 Beregning av kurvekrefter ved retningsendringer på kl-anlegget 28
3.6.1 Kurvekrefter på rett linje 29
3.6.2 Beregning av største mulige retningsforandring 31
3.6.3 Kurvekrefter i kurver 32
3.6.4 Traséuavhengig beregning av kurvekrefter 32
3.7 Planlegging av jernbanens tilkoblingsledninger 33
3.7.1 Anvendelsesbegreper: 33
3.7.2 Avstand for returledningsline til kontaktledningens aktive deler 34
3.7.2.1 Strekkraft i returledningsline Al 240 34
3.7.2.2 Mastelengder 34
3.7.2.3 Beregningsgrunnlag 35
4 Prosjektering av S 20på stasjonsområder 40
4.1 Ledningsføring i veksler 40
4.1.1 Innledning 40
4.1.2 Oppbygging og beskrivelse av veksler 40
4.1.3 Sporvekseltyper og -betegnelser 42
4.1.4 Sporvekselens plassering 45
Beregning av vekselens start 45
4.1.5 Ledningsføring i veksler 47
4.1.5.1 Nødvendige opplysninger 47
4.1.5.2 Klemmefritt rom 47
4.1.6 Kryssende ledningsføring i veksler 49
4.1.6.1 Vertikal kontakttrådføring i vekselområdet 49
4.1.6.2 Horisontal ledningsføring i vekslingsområdet 51
4.1.6.3 Retningforandringer i kontaktledningsanlegget i sporvekselområder 51
4.1.6.4 Forvregning av målestokk 52
4.1.6.5 Prosjekteringforløp for ledningsføring i veksler 54
4.1.6.6 Beregning av utliggerne ved vekselen 55
4.1.6.7 Utliggere i sporvekselområder 64
4.2 Sikkerhetsavstander ved arbeider på kl-anlegget i sporvekselområder 65
4.3 Sporsløyfer 66
4.3.1 Innledning 66
4.3.2 Ledningsføring i sporsløyfer 67
4.3.3 Optimal plassering av seksjonsisolatorer i sporveksler 67
4.4 Beregning av høydeendringer 68
4.5 Plassering av avspenningsfelt 70
4.6 Plassering av sekjonsfelt 70
4.7 Plassering av master 71
4.8 Elektrisk oppdeling 71
4.8.1 Innledning 71
4.8.2 Mating av kontaktledningsanleggene 72
4.8.3 Oppdeling av kontaktleningsanlegget 76
4.8.3.1 Inndeling av kontaktledningsanlegget i seksjoner 78

4.8.3.2 Betegnelse på ledninger 79
4.8.3.3 Kontaktledningsbryter 79
4.9 Plassering av bryter i master 80
4.10 Planlegging av mate- og bryterledninger på stasjoner 81
4.11 Minsteavstand 82
4.12 Prosjekteringsforløp på stasjoner 83
4.13 Spesielle krav til kontaktledningsanlegg på stasjoner 83
5 Strekningsbefaring ved ombygninger av eksisterende anlegg 85
5.1 Innmåling av masteplasseringer 85
5.2 Innmåling av bruer, byggverk og signaler 85
5.3 Strekningsbefaringen 85
5.4 Tverrprofiler 86
5.5 Grunnundersøkelser 86
6 Sluttprosjektering System 20 87
6.1 Kontaktledningstabeller 87
6.2 Plassering av masten på en tverrprofiltegning 88
6.3 Beregning av lengde og valg av mastetype 88
6.4 Kontaktledningstegning 89
6.5 Ledningsføringsplan 90
6.6 Høydeendringer 90
6.7 Tegningsoversikt 90
6.8 Endringsliste 90
6.9 Ferdigstillet plan frigis til bygging 90
7 Prosjektgjennomgang 91
8 revisjonsplaner 92
9 Spesielle forhold ved prosjektering av System 25 93

1 NØDVENDIGE UNDERLAG

1.1 Nye strekninger

Følgende underlag er nødvendig eller ønskelig for å prosjektere kontaktledningsanlegg:

1. Målsatt strekningsplan med endelig, fastsatt traséføring i målestokk 1:1000 oppdelt i stasjoner og fri linje. Denne planen bør også utarbeides på digital form. Se vedlegg 1.
2. Koordinatliste som beskriver sportaséen. Se vedlegg 2 med eksempel på hvordan denne listen kan utarbeides. Koordinatlistene beskriver horisontal og vertikal sporplan. Referansespor og referansestreng skal oppgis.
3. I tilfelle endringer av sporets beliggenhet er det nødvendig å utarbeide tverrprofiltegninger på alle fremtidige masteplasseringer. Tverrprofiltegningene bør utarbeides digitalt.. Se vedlegg 3.
4. Strekningsplaner med nåværende, midlertidige og endelige signalplasseringer. Signalenes utforming bør også angis. Eksempel på signalplaner er vist i vedlegg 4. Tyske signaltyper er vist i vedlegg 5.
5. Sporisolerplan for én- eller dobbeltisolerte spor. Ut av disse planene kan man finne plasseringene til alle nødvendige komponenter. Vedlegg 6 viser enkeltisolerte sporfelt og vedlegg 7 viser dobbeltisolerte sporfelt.
6. Kabelplan med innkommende og utgående kabler. Ved enkle forhold kan det være nok med en liste.
7. Liste med overgangsbruer, bygninger osv. hvor normal kontakttrådhøyde ikke kan monteres. Eksempel se vedlegg 8.
8. Bruplan med angivelse av strekningskm., lyshøyde, bredde, dybde og kryssingsvinkel. Se eksempel i vedlegg 9.
9. Byggetillatelse.
10. Fremtidige bygge- og anleggsarbeider langs jernbanetraseen, f.eks. sporarbeider, underganger, overganger eller plattformforlengelser.
11. Krav til kontaktledningsanlegget:
    - Fundamenter
    - Masteplasseringer
    - Normal kontakttrådhøyde
    - Systemhøyde
    - Isolasjonsnivå
    - Kortslutningsstrøm
    - Vindhastigheter
    - Temperaturområde
    - osv.

    komplett sammenstilling av data kan utføres som i vedlegg 10.

12. Angivelse av elektrifiserte spor, se vedlegg 11
13. Koblingskjema med elektrisk seksjonering, se vedlegg 11.
14. Krav til forbigangs-, forsterknings-, mate- og returledninger

De forannevnte punktene gir en optimal forutsetning for å gjennomføre prosjekteringen av kontaktledningsanlegg, men alle er ikke nødvendige i alle prosjekter. I et anbud eller en kontrakt kan man benytte vedlegg 10 til å angi nødvendige underlag den prosjekterende må ha for å gjennomføre prosjektet.

1.2 Ombygninger/standardhevinger

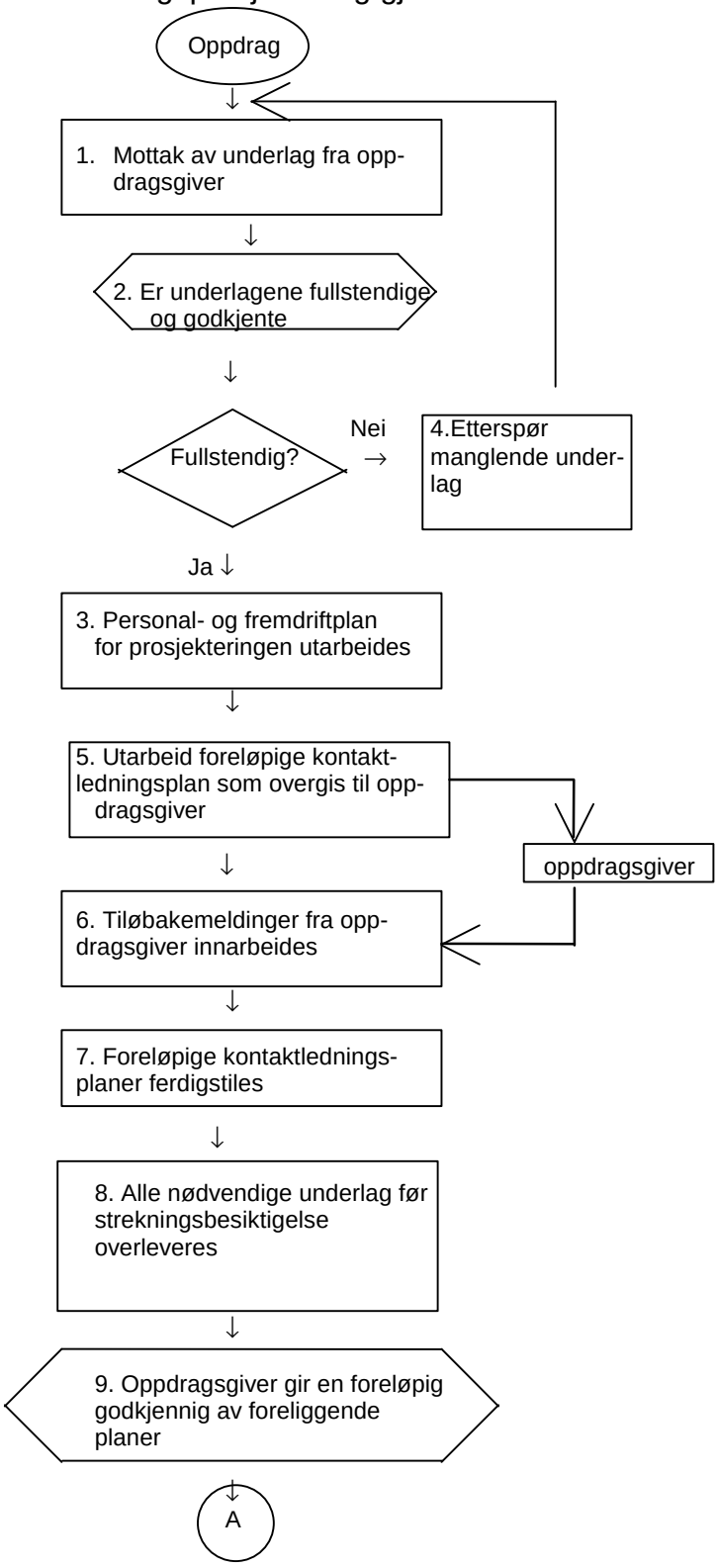
I tillegg til krav nevnt i avsnitt 1.1 er det nødvendig at

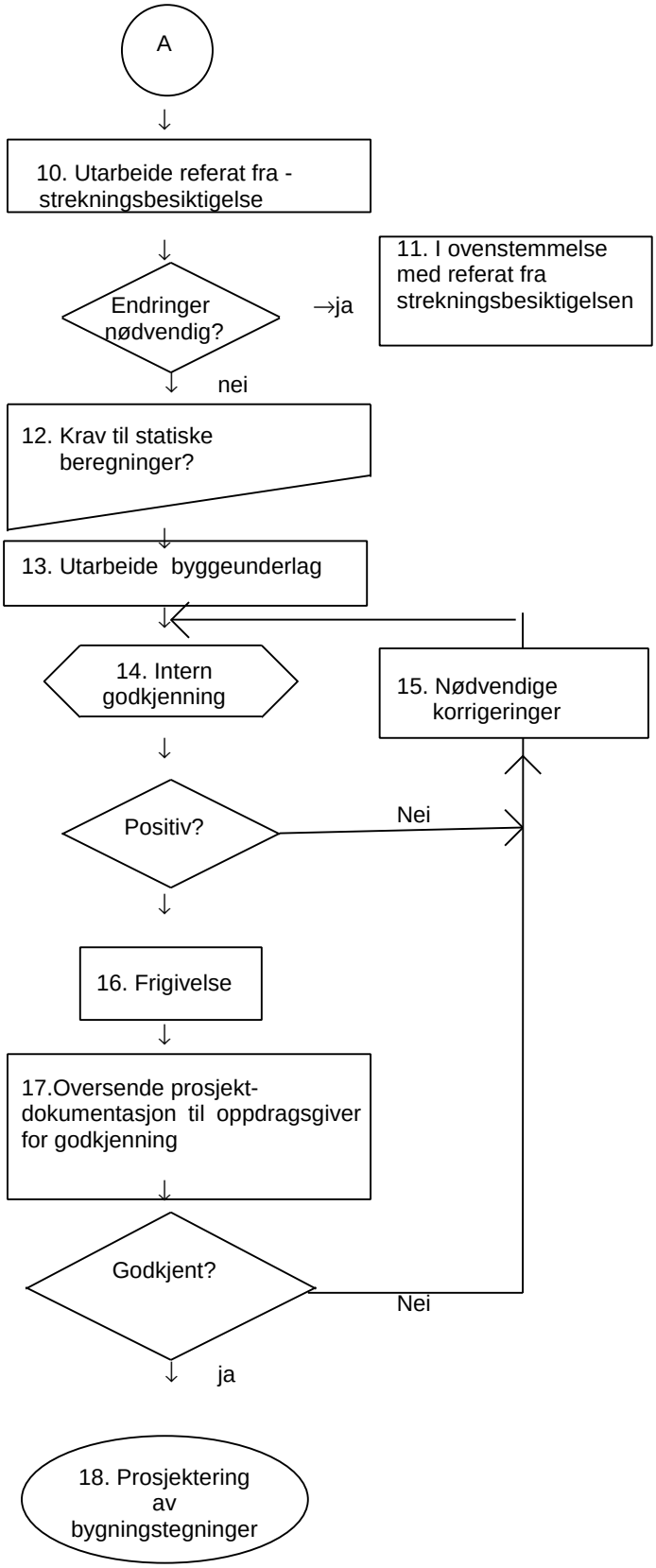
1. Alle sporplaner med alle byggefaser som er nødvendig for elektrifiseringen angis på samme format som i 1.1 underpunkt 1 og 2.
2. en revidert strekningplan over kontaktledningsanlegget som er i overensstemmelse med virkeligheten. Hvis strekningsplanene er foreldet eller på annen måte ikke er korrekt, må det utarbeides en ny strekningsplan.

I prosjekteringsmøter mellom oppdragsgiver og det prosjekterende firmaet må alle byggefaser diskuteres og godkjennes av begge parter.

2 PROSJEKTERINGSFORLØP

Kontaktledningsprosjektering gjennomføres hovedsakelig etter følgende mønster:



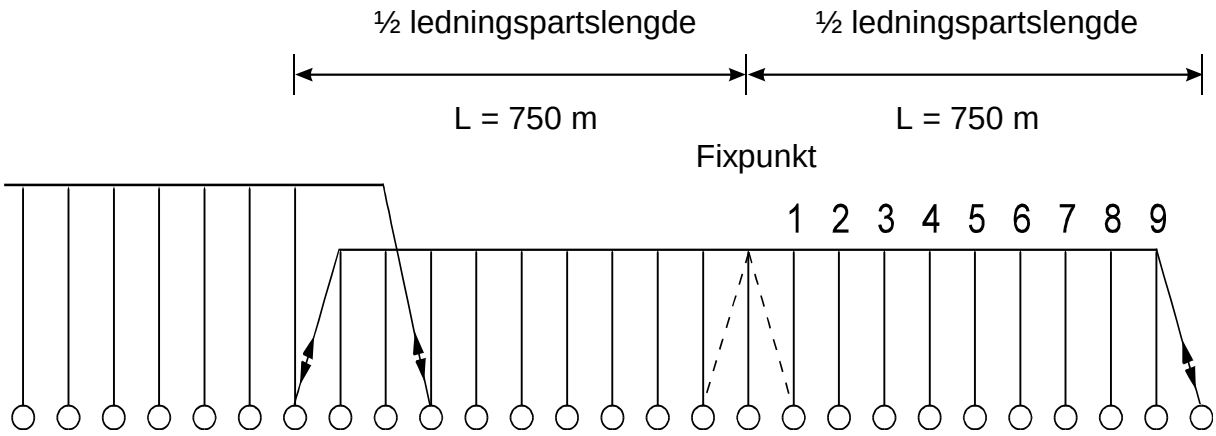

A
10. Utarbeide referat fra - strekningsbesiktigelse
Endringer nødvendig?
→ja
11. I ovenstemmelse med referat fra strekningsbesiktigelsen
nei
12. Krav til statiske beregninger?
13. Utarbeide byggeunderlag
14. Intern godkjenning
15. Nødvendige korrigeringer
Positiv?
Nei
16. Frigivelse
17.Oversende prosjekt-dokumentasjon til oppdragsgiver for godkjenning
Godkjent?
Nei
ja
18. Prosjektering av bygningstegninger

3 FORPROSJEKTERING PÅ FRI LINJE MED S 20

3.1 Valg av ledningspartlengden.

Ved temperaturvariasjoner på grunn av vær og strømbelastning opptrer det lengdeendringer i kontaktledningen. Kontaktledningens bæreelementer, utliggerne, er lagret bevegelig på kontaktledningsmasten og dreier seg ved vandring av kontaktledningen. For å begrense kontaktledningens vandring og med dette utliggervandringen, anordnes med regelmessige avstander loddavspenninger for kompensasjon av lengdeendringer i kontaktledningen.

Kontaktledningslengden mellom to loddavspenninger betegnes som ledningspart se fig 5.c.1.



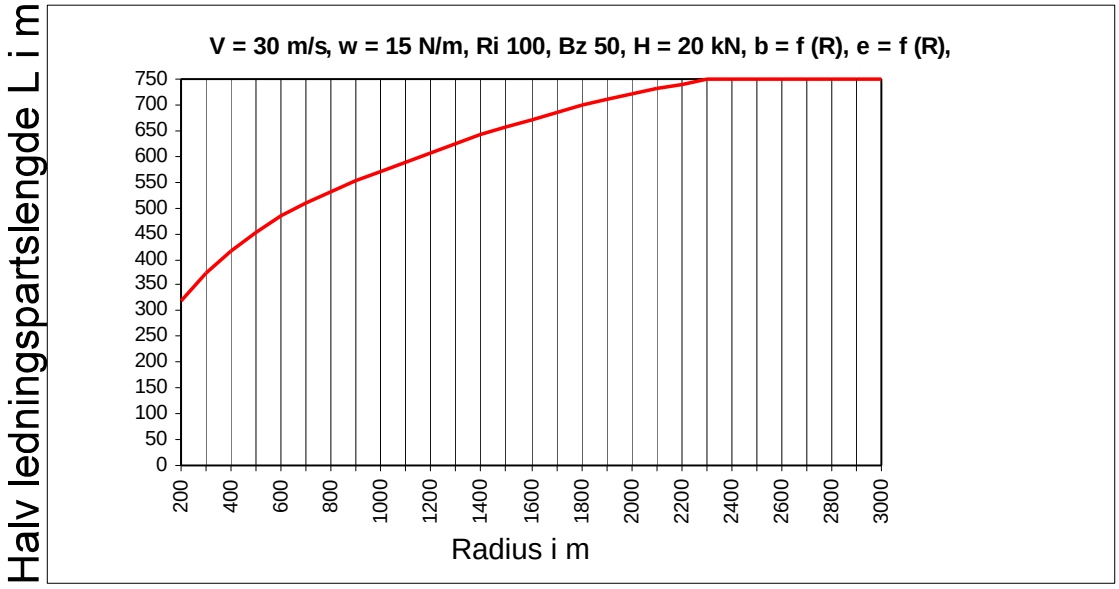
Figur 5.c.1 En ledningspart

Ledningspartlengden er avhengig av det elektrifiserte sporets trase/radius. Ved rett linje vil ledningsparten maks. være 1500 m. Fra fixpunkt til loddavspenningen tilsvarer dette en lengde på 750 m.

Ved temperaturøkninger beveges kontaktledningen med lett direksjonsstag og utligger i retning av loddavspenningene. På grunn av denne sideforskyvningen av kontaktledningen virker en del av horisontalstrekkraften på utliggeren i retning mast og fører til mindre horisontalkrefter I kontaktledningen. Disse krefter betegnes som strekkrafttap. I utliggerleddene utvikles også friksjonskrefter pga kontaktledningsbevegelsene som må kompenseres ved hjelp av loddavspenningene . Strekkrafttapet må ikke bli større enn 11% av horisontalstrekket. Av dette fordeler 8 % seg i kontaktledningen og 3 % i loddavspenningshjulene.

På grunn av kontaktledningens større avvinkling eller retningsforandring ved utliggerne i kurvene, økes strekkrafttapene og friksjonskreftene i utliggerleddene. For å unngå flere lodd og således en økning av horisontalstrekket, blir lengden på ledningspartene forkortet i av hengighet av radius.

I systemunderlag for S20 i avsnitt [1] er det beskrevet en fremgangsmåte for beregning av ledningspartlengder som funksjon av radier. Dette er grafisk fremstilt i figur 5.c.2.
Vindlast w=15 N/m, Horisontalstrekk 20 000 N, b=b1=b2= 0,20 m og e= 0,42 m



Figur 5.c.2 *Den halve ledningspart i avhengighet av sporradius*

Sammenhengen mellom den halve ledningspart L og spennlengde a kan tilnærmet utledes utfra avsnitt [1] iflg. ligning nr. 1

$$L = 9{,}5 \cdot a + 33{,}3 \qquad \text{ligning (1)}$$

Spennlengden a beregnes iflg. ligning (2)

$$a = 2\sqrt{\frac{2H(e+b)}{w + \frac{H}{R}}} \qquad \text{ligning (2)}$$

Her betyr:

H = horisontaltrekk i N
w= vindbelastning i N/m
R = sporradius i m
e = maksimal vindutblåsning i m
b = siksak i m

Ligning (2) settes inn i ligning (1) og man får således ligning (3)

$$L = 9,\overline{5} \cdot 2\sqrt{\frac{2H(e+b)}{w+\frac{H}{R}}} + 33,\overline{3} \qquad \text{ligning (3)}$$

Vindlasten pr. løpende meter kontaktledning beregnes på følgende måte:

$w = w_F + w_T + w_H = 6,1\ N/m + 4,6\ N/m + 0,8\ N/m = 11,5\ N/m.$

Forkortelser:

w_F = Kontakttrådens vindlast i N/m
w_T = Bærelinens vindlast i N/m
w_T = vindlast til hengetråder med klemmer, omregnet til pr. løpemeter kontaktledning, i N/m

For S 20 med $H = H_T + H_F = 20\ 000$ N , w = 11,5 N / m for 26 m/s,
b = f (R) og e = f (R) viser diagram 1 sammenhengen mellom en halv ledningspart L og radius R.

Planlegger man med færre utliggere eller kortere spennlengder enn radiusen tilsier, fører dette til at ledningsparten blir kortere. Dette er en matematisk modellering og hele strekninger må sees under ett når ledningspartenes lengder fastlegges.

3.2 Beregning av spennlengden

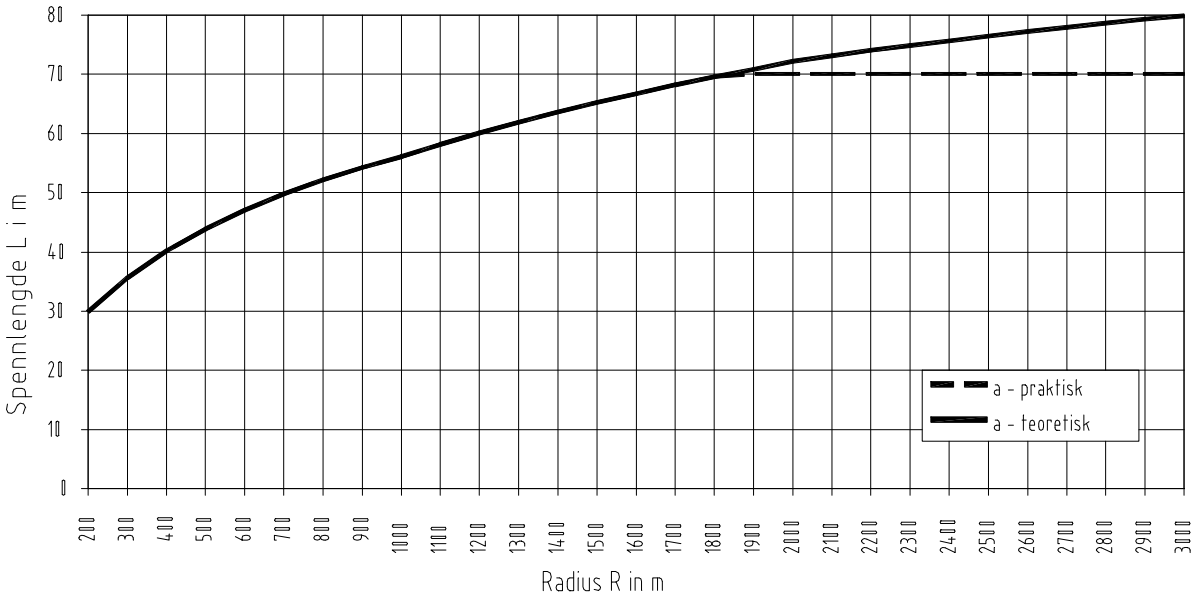
Spennlengden er avhengig av sporradius og vindutblåsning. Ved system 20 tillates maks. spennlengde på a = 75 m. I prosjekteringsfasen er det hensiktsmessig å benytte en a_{MAX} på 70 m, for å sørge for reserve ved en eventuell flytting av mastefundamenter i anleggsfasen. I kurver forkortes spennlengden i avhengighet av radius. Etter avsnitt (System 20)[1] er beregningen av spennlengden a foretatt i avhengighet av sporradius og vindhastighet. Den maksimale masteavstand på rett linje utregnes iflg. ligning 4.

Sammenhengen mellom sporradius og spennlengde vises i ligning 5.

$$a_{max} = 2\sqrt{\frac{H(e+\sqrt{e^2-b^2})}{w}} \qquad \text{ligning (4)}$$

$$a_{max} = 2\sqrt{\frac{2H(e+b)}{w+\frac{H}{R}}} \qquad \text{ligning (5)}$$

Sammenhengen mellom radius og spennlengder for S20 er vist i 5.c.3
Her er w=11,5 N/m.



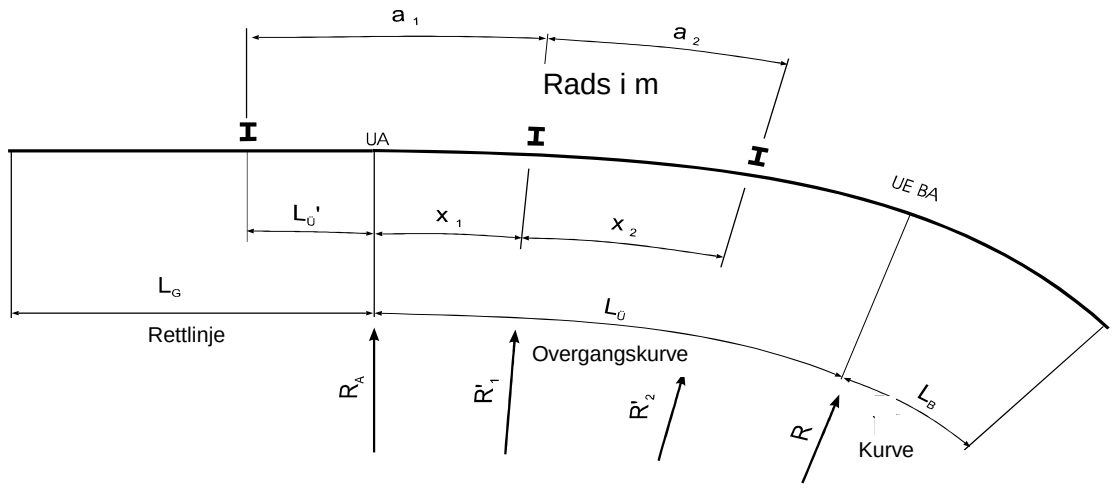
Figur 5.c.3 Spennlengde a i avhenighet av sporradius R.

Ved beregninger av spennlengden på rett linje er det hensiktsmessig å gå ut fra en maksimallengde på a = 70 m.

I overgangskurver bestemmes masteavstanden etter følgende metode se fig. 5.c.4:

Først bestemmes radius R' som er den radius hvor masten er plassert. Radius R' bestemmes etter krumningsforholdet:

$$R_1' = R\frac{L_u}{X_1}$$ ligning (6)



Figur 5.c.4 Bestemmelse av spennlengde i overgangskurver

Med radius R'_1 beregnes den midlere radius R_M

$$R_M = \frac{R_{MG} \cdot L_G' + \frac{R_A + R'_1}{2} \cdot x_1}{L_G' + X_1}$$

Ved hjelp av radius R_M finner man ut tilsvarende spennlengde i vedlegg 14.1
Eventuelt må man her foretar flere iterasjonsskritt inntil den beregnede radius tilsvarer spennlengden.

Masteavstand i kurvene tas ut fra figur 5.c.3 eller vedlegg 14.1.

På halv ledningspart på 750 m fastlegges midlere radius iflg. ligning 7.

$$R_M = \frac{1}{K_M}$$

ligning (7)

$$K_M = \frac{\frac{1}{R_1} L_1 + \frac{1}{R_2} L_2 + \frac{1}{R_3} L_3 + \cdots + \frac{1}{R_n} L_n}{L_1 + L_2 + L_3 + \cdots + L_n}$$

Ved hjelp av midlere radius R_M tas maksimal lengde av første halve ledningspart ut av figur 5.c.2
Samme prosedyre gjennomføres for den andre halve ledningsparten.

Når man har beregnet de to halve ledningspartene skal man kontrollere kreftenes likevekt i ledningspartene i ligning 8 :

$$L = 9,\overline{5} \cdot a + 33,\overline{3}$$ ligning (8)

der a erstattes. Da benyttes sammenhengen mellom antallet spennlengder i den halve ledningsparten (n+ 1) og antallet av utliggere i den samme halve ledningsparten.
Den halve ledningsparten L forholder seg for nevnte forhold til:

$$L = (n+1)\ a$$ ligning (9)

Deretter kan a beregnes

$$a = \frac{L}{n+1}$$ ligning (10)

$$L = 9,\bar{5}\left(\frac{L}{n+1}\right) + 33,\bar{3} \qquad \text{ligning (11)}$$

Med innføring av utnyttelsen x

$$x = \frac{L_v}{L_{max}} \quad \text{eller} \quad \frac{1}{x} = \frac{1}{\frac{L_v}{L_{max}}} \qquad \text{ligning (12)}$$

kontrolleres de halve ledningspartene iflg ligning 13

$$\frac{1}{x} = \frac{9,\bar{5}}{n+1} + \frac{33,\bar{3}}{L} \qquad \text{ligning (13)}$$

x er her utnyttelsen av den halve ledningsparten og angis i prosent.

For å oppnå kraftlikevekt ved fixtpunktet, skulle kraftdifferansen mellom de halve ledningspartlengdene ikke være større enn 10 %. Få man en kraftulikevekt større enn 10 %, reduseres utliggerantallet i en av de halve ledningspartene, eller man kan planlegge en halv ledningspart med fastavspenning. Ledningsparter med fastavspenning kan, i tillegg til elektrifisering av sporveksler, gi fordeler ved overganger fra kurver til rett linje og ved overgang fra tunnel til fri linje.

Avhenginghet mellom radius R, spennlengde a, halv ledningspart L og antall utliggere n kan tas ut av figur 5.c.6.

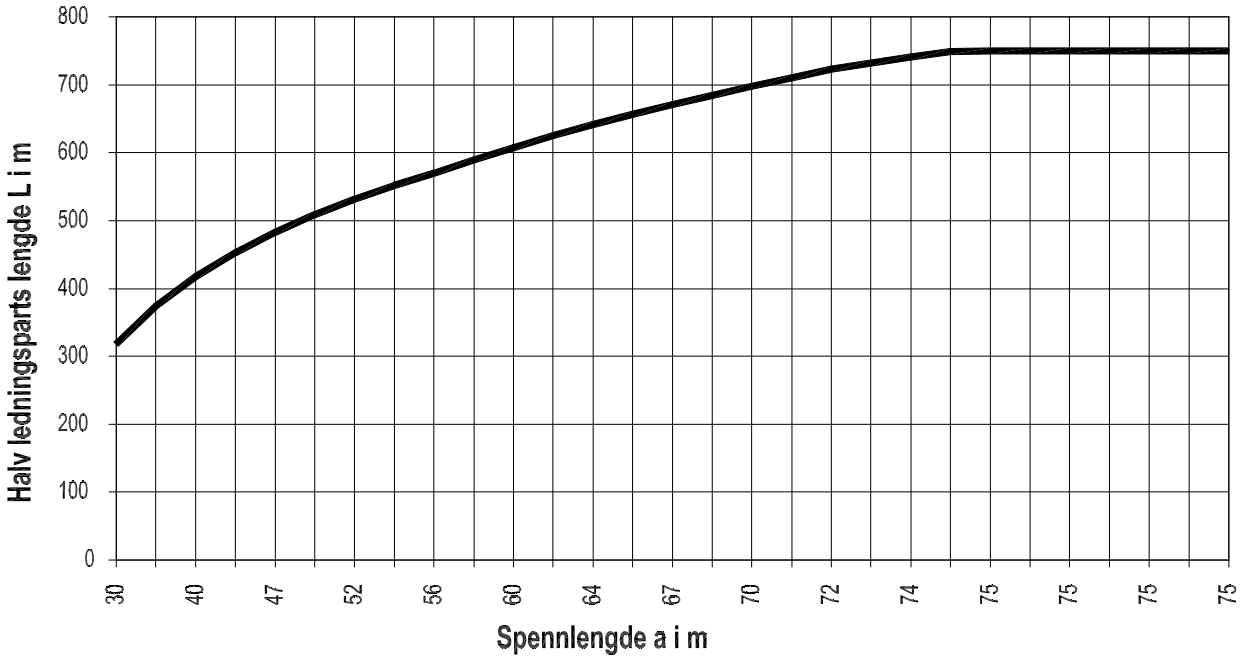
For kontroll beregnes den midlere spennlengde a_m for den valgte halve ledningspart L_{valgt}. Ved bruk av ligning 14

$$L_{max} = 9.5 * a_m + 33,3 \qquad \text{ligning (14)}$$

beregnes den maksimale halve ledningspartlengden.

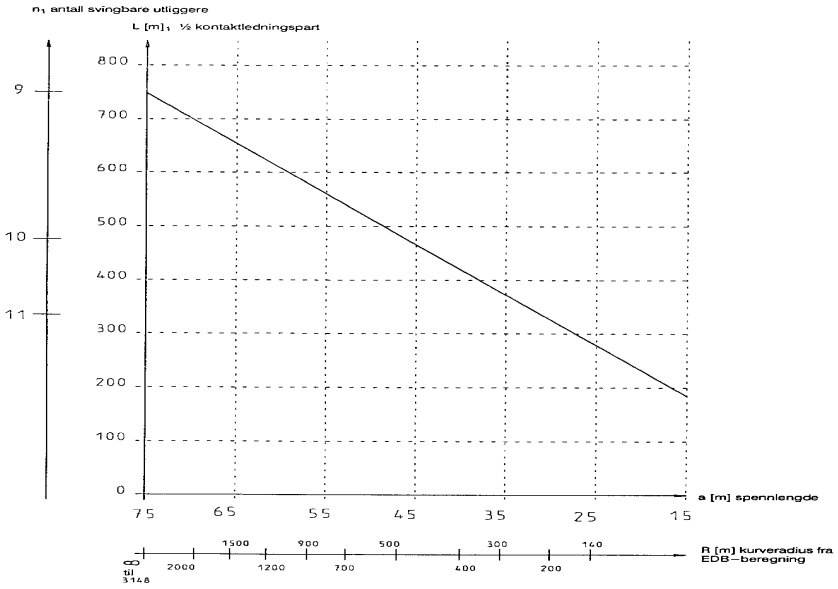
Følgende gjelder $L_{valgt} < L_{MAX}$

Den midlere halve ledningspart kan tas ut av figur 5.c.5



Figur 5.c.5 Avhengighet mellom spennlengde a og halv ledningspart L

Alle foranliggende diagrammer er vist samlet i figur 5.c.6.



Figur 5.c.6 Avhengighet mellom radius R. spennlengde a, halv ledningspart L og antall utliggere n.

Fastsettelsen av spennlengde og ledningspart skjer etter følgende prosedyre:

Maksimal halv ledningspart L1max = 750 m

Midlere radius R_{1M} for L_{1max} beregnes

Hent L'_{1max} fra diagram 1 ved å benytte R_{1M} som midlere radius

For L'_{1max} beregnes R'_{1M} inntil differansen mellom ledningspartlengde og midlere radius er et minimum.

L_2 forskyves med dette i retning km 0.

For L'_{2max} beregnes midlere radius R'_{2M} og på samme måte

som for L_1 itererer man frem en minimum forskjell mellom disse verdiene

Spennlengde a1 ....an beregnes i avhengighet av sporgeometri

Så summeres spennlengdene a1 . . . an ved hjelp av ligningen $L_v = a_1+a_2+a_3+...+a_n$

og vi får de to ledningspartene L_{v1} og L_{v2}. Følgende gjelder:
$L_{v1} < L'_{v1max}$ og $L_{v2} < L'_{v2max}$

Kontroll av kraftlikevekt mellom de halve ledningspartene L_{v1} og L_{v2} ved å beregne utnyttelsen x iflg. ligning 13

Eventuelt foreta korreksjon av utliggerantallantall iflg. figur 5.c.7 og fornyet kontroll av kraftlikevekt.

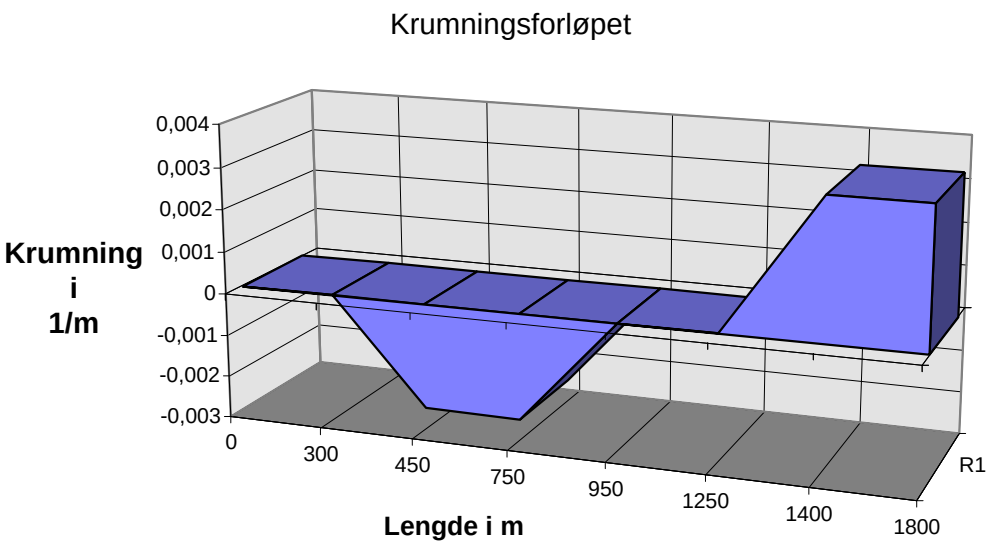
Følgende eksempel viser sammenhengen:

Eksempel 1:

Ved hjelp av eksempel 1 skal man komme frem til midlere radius. Følgede trasédata gjelder:

Traséavsnitt	Lengde i m	Radius	Form
Rett linje	300	uendelig	
Overgangskurve(venstre)	150		Klothoide
Kurve(venstre)	300	- 400	
Overgangskurve	200		Klothoide
Rett linje	300	uendelig	
Overgangskurve(høyre)	150		Klothoide
Kurve (høyre)	400	300	
Summe	1800		

Det grafiske krumingsforløp er vist på figur 5.c.7



Figur 5.c.7 Krumningsforløp

Venstrekurver er, sett i stigende kilometrering, betegnet med negativt fortegn i det kartesiske koordinatsystemet. Høyrekurvene derimot får positivt fortegn. Midlere radius R_M beregnes i den første halve ledningsparten som følger:

$$K_{M1} = \frac{L_G \cdot \frac{1}{R_G} + L_U \cdot (\frac{1}{R_A} + \frac{1}{R_B}) \cdot \frac{1}{2} + L_B \cdot \frac{1}{R_B}}{L_G + L_U + L_B}$$

$$K_{M1} = \frac{300 \cdot 0 + 150 \cdot 0{,}00125 + 300 \cdot 0{,}0025}{300 + 150 + 300} = 0{,}00125$$

$$R_{M1} = \frac{1}{0{,}00125} = 800\,\text{m}$$

Iflg. det valgte eksempel blir R_{M1} = 800 m. Som en start på beregningen velger man 750 m som maksimal lengde på den halve ledningsparten, og radiene som er på denne maksimale halve ledningsparten blir utregnet. Med utgangspunkt i diagram 1 fås for den første halve ledningspart med midlere kurven R_{M1} en maks. lengde på L'_{1max} = 530 m. I annet iterasjonsskritt fås for den første halve ledningspart L'_{1max} = 530 m en midlere radius R'_{M1}

$$K'_{M1} = \frac{L_G \cdot \frac{1}{R_G} + L_U \cdot (\frac{1}{R_A} + \frac{1}{R_B}) \cdot \frac{1}{2} + L_B \cdot \frac{1}{R_B}}{L_G + L_U + L_B}$$

$$K'_{M1} = \frac{300 \cdot 0 + 150 \cdot 0{,}00125 + 80 \cdot 0{,}0025}{300 + 150 + 80} = 0{,}000731$$

$$R'_{M1} = \frac{1}{0{,}000731} = 1368\,m$$

Ifølge figur 5.c.2 tilsvarer R'_{1M} en L''_{1max}= 630 m

For det 3. iterasjonsskritt beregnes midlere radius R''_{M1} på basis L''_{1max}

$$K''_{M1} = \frac{300 \cdot 0 + 150 \cdot 0{,}00125 + 180 \cdot 0{,}0025}{300 + 150 + 180} = 0{,}001$$

$$R''_{M1} = \frac{1}{0{,}001} = 1000\,m$$

Midlere kurve R''_{M1} tilsvarer en halv ledningspart **L'''_{1max} = 570 m.**
Etter 3. iterasjonsskritt avbrytes utregningen for dette eksempelet.

Den andre halve ledningspart forskyves på grunn av reduksjon av den første halve ledningspart i retning km 0. For L_{2max} = 750 m fås en midlere radius R_{M2} på:

$$K_{M2} = \frac{180 \cdot 0{,}0025 + 200 \cdot (\frac{1}{400} + \frac{1}{\infty}) \cdot 0{,}5 + 300 \cdot 0 + 70 \cdot (\frac{1}{\infty} + \frac{1}{643}) \cdot 0{,}5}{180 + 200 + 300 + 70} = 0{,}001$$

$$R_{M2} = \frac{1}{0{,}001} = 1000\,m$$

Radius R_{M2} tilsvarer at den andre ledningsparten har en maksimal lengde L'_{2max} på 570 m. I annet iterasjonskritt fås for L'_{2max} en R'_{M2} på

$$K''_{M2} = \frac{180 \cdot 0{,}0025 + 200 \cdot (\frac{1}{400} + \frac{1}{\infty}) \cdot 0{,}5 + 155 \cdot 0}{180 + 200 + 155} = 0{,}0013084$$

$$R''_{M2} = \frac{1}{0{,}001308} = 764\,m$$

R''_{M2} tilsvarer en halv ledningspart **L'''_{2max} = 520 m.**

Ifølge figur 5.c.2 får man av R"M2 en maks. halv ledningspart **L'"2max = 520 m.**
Iterasjonen avbrytes her.

Summen av spennlengdene i den første halve ledningsparten må ikke være større enn L'"1max = 570 m. Det samme gjelder for den andre halve ledningsparten L'"2max = 520 m.

Beregning av spennlender kan nå foretas. Som hjelpemiddel brukes tegning E-7298 iflg vedlegg 14.1. Spennlengdene økes trinnvis avhengig av radiusøkningen.

For denne øvelse skulle de maks. spennlengdene utnyttes. På rett linje velges derfor spennlengdene med 75 m. Derfor er de første spennlengdene opp til km. 0,300 hver på 75 m. Spennlengdene i overgangskurvene beregnes i iterasjonsskritt.

Først velges a = 56,7 m.

I første skritt fås ved masten M 6 en fiktiv radius på

1. $$R' = R \frac{L_Ü}{X_1} = 400 \frac{150}{56,7} = 1117,3 \text{ m}$$

Den midlere radius for den foranliggende spennlengden a = 56,7 m beregnes etter følgende måte:

$$R_M' = (\frac{1}{R_A} + \frac{1}{R_E}) \cdot \frac{1}{2} = (\frac{1}{\infty} + \frac{1}{1117,3}) \cdot 0,5 = 2235 \text{ m}$$

En spennlengde a = 67 m tilsvarer midlere radius R'M = 2235 m. Spennlengden som opprinnelige ble valgt, kan økes til a = 62,4 m. Man benytter dette i det andre iterasjonsskritt

2. $$R' = R \frac{L_Ü}{X_1} = 400 \frac{150}{62,4} = 961,5 \text{ m}$$

Fra R' = 961,5 m fås en midlere radius R'M = 1923 m, og spennlengden kunne således forhøyes ytterligere til a = 64,8 m. For dette beregnes en midlere radius på:

3. $$R' = R \frac{L_Ü}{X_1} = 400 \frac{150}{64,8} = 926 \text{ m}$$
$R'_M = 1852$ m

Spennlengden a = 64,8 m tilsvarer midlere radius R'M 1800 m
- iflg. vedlegg 14.1.

Denne iterasjonsprosessen benyttes for beregning av ytterligere spennlengder. Man får således spennlengdene iflg. vedlegg 13.1. Ved beregning av spennlengdene må det tas hensyn til de maks. tillatte differanser til nabo-spennlengdene. Inntil til nå har de for system S 20 vært: for a ≤ 45 m 10 m og for a> 45 m 15 m. I fremtiden skal de ikke være større enn

20 % av nabospennlengdene. Denne prosessen tillater regneteknisk å beregne spennlengdene og sørger for jevn overgang fra større til mindre spennlengder.

Spennlengdene som er beregnet i eksempel 1 må korrigeres pga for store spennlengdevariasjoner mellom nabospennen.

Den siste spennlengden før overgangskurven på 75 m kortes til en spennlengde på 65 m. Den påfølgende spennlengden velges på a = 55 m og har en andel på 10 m som ligger på rett linje og en andel på 45 m som ligger i overgangskurven. Den fiktive radius ved masten M6 fås etter

1. $$R' = R\frac{L_ü}{x_1} = 400\frac{150}{45} = 1.333{,}3\,m \;>\; a = 58{,}3\,m$$

Den midlere radius beregnes som en andel i den rette linjen og som andel i overgangskurven iflg.

$$K'_M = \frac{10 \cdot \frac{1}{\infty} + 45 \cdot \left(\frac{1}{\infty} + \frac{1}{1333{,}4}\right) \cdot 0{,}5}{45 + 10} = 0{,}0003068$$

$$R'_M = \frac{1}{0{,}0003068} = 3259\ m$$

Spennlengden a = 56,7 m velges iflg. tegning E-7298 - men en spennlengde på 55 m er også mulig.

På denne måten korrigeres spennlengdene. Man får således korrigerte spennlengder iflg. vedlegg 13.2.

Ledningspartlengdene fås fra addisjon av spennlengdene, under hensyntagen til de maks. halve ledningspartene L'"1max og L'"2max.

$L_1 = 476{,}8\ m < L'''_{1MAX} = 570\ m$ og $L_2 = 486{,}4\ m < L'''_{2MAX} = 520\ m$

Kontrollen av kraftlikevekt følger:

	L1	L2
Spennlengder	8	11
bevegelige utliggere	7	10
beregnede halve ledningsparter	471,6 m	474,4 m

$$\frac{1}{x} = \frac{9{,}\overline{5}}{n+1} + \frac{33{,}\overline{3}}{L} = \frac{9{,}\overline{5}}{7+1} + \frac{33{,}\overline{3}}{471{,}6} = 1{,}194 + 0{,}0699 = 1{,}264$$

$$\frac{1}{x} = \frac{9,\bar{5}}{n+1} + \frac{33,\bar{3}}{L} = \frac{9,\bar{5}}{10+1} + \frac{33,\bar{3}}{474,4} = 0,8687 + 0,07026 = 0,93896$$

$X_1 = 0.79 * 100 = 79\ \%$, $X_2 = 1,06 * 100 = 106\ \%$

Differansen er større enn 10 %, og de halve ledningspartene må endres.

L1 kan forlenges med to spennlengder og får dermed en lengde på L1 = 549,8 m. Den halve ledningsparten L2 kan forkortes med et spenn og blir da L2 = 469,2 m.

Således fås følgende data for de halve ledningspartene:

	L1	L2
spennlengder	10	10
Utliggere	9	9
L_{valgt}	549,8 m	469,2 m
1/x	1,016	1,02
x	98 %	97 %
Midlere spennlengde	54,98 m	46,93 m
L_{MAX}	558 m	481 m

Differansen i utnyttelsen i de halve ledningspartene er 1 %, og den er da mindre enn 10 %

Den midlere spennlengde ble beregnet etter de valgte spennlengder - iflg. vedlegg 13.2 - L1 og L2. Den tjener til å kontrollberegne den maksimale halve ledningsparten iflg. ligning

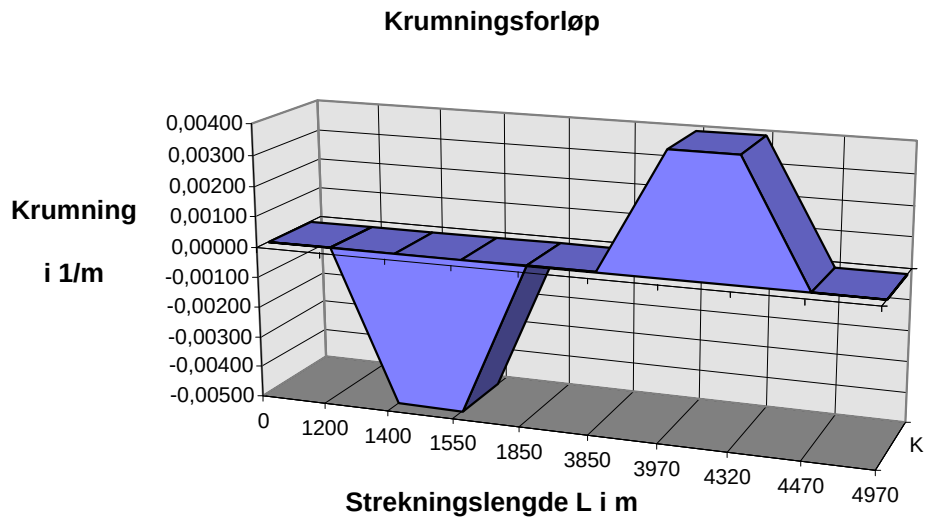
$L_{max} = 9,5 \cdot a + 33,3$

De valgte halve ledningspartr L_1 og L_2 er mindre enn den maks. tillatte halve ledningspart L'''_{1max} og L'''_{2max}.

Som repetisjon anbefales **øvelse 1** med følgende strekningdata:

Traséavsnitt	Lengde i m	Radius	Form
Rett linje	1200	uendelig	
Overgangskurve (venstre)	200		Klothoide
Kurve (venstre)	150	- 200	
Overgangskurve	300		Klothoide
Rett linje	2000	uendelig	
Overgangskurver (høyre)	120		Klothoide
Kurve (høyre)	350	500	
Overgangskurve	150		Klothoide
Rett linje	500		
Sum	4970		

Utfra sporgeometrien får man følgende krumningsforhold etter figur 5.c.8



Figur 5.c.8 Krumningsforløp over en strekning

Spennlengdene og ledningsparten skal beregnes. Her gjelder:

$H = H_F + H_T = 20\ 000$ N, $w = 11{,}5$ N/m, $b = f(R)$, $e = f(R)$.

Spennlengdene kan velges ut iflg. vedlegg 14.1.

Vi starter med vanlig avspenningsfelt. Første mast M 1 er plassert på km 0.000, og er en avspenningsmast. De påfølgende master er plassert i en 3-felts avspenningsfelt, ved

M 2 ved km 0.065
M 3 ved km 0.135
M 4 ved km 0.200.

Avspenningsfeltene har spennlengdene 65 m, 60 m og 65 m. De påfølgende spennlengder beregnes ved å ta hensyn til den foranliggende spennlengden.

På hver mast angis plasseringen, f.eks. etter følgende mønster:

km 1,240.

I vårt eksempel er det loddavspenninger på begge ender av ledningsparten.

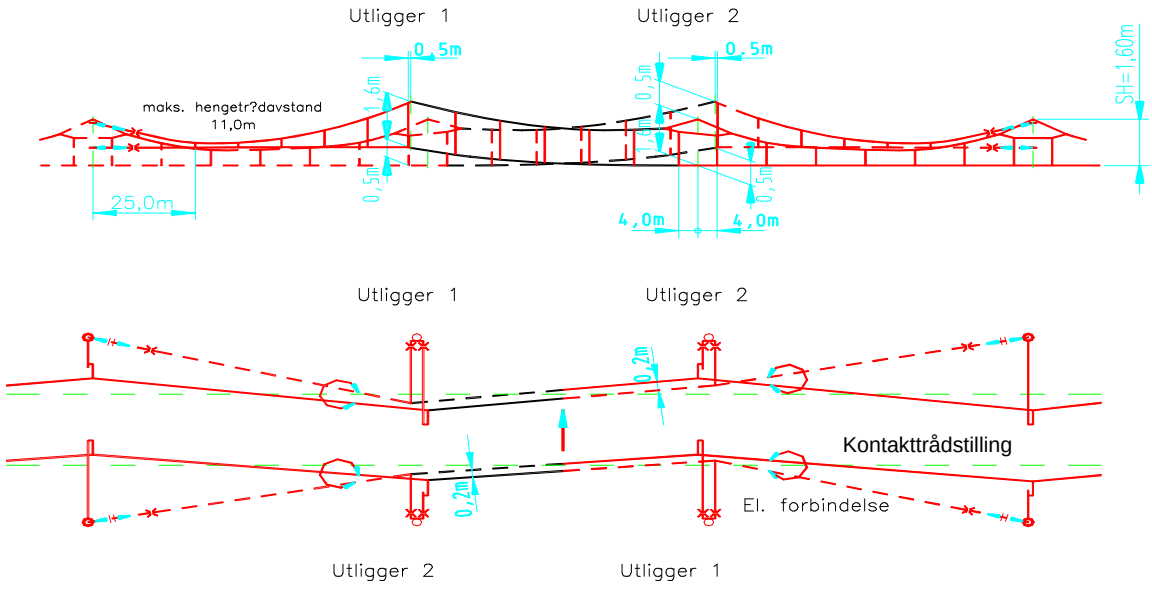
Spennlengdens variasjon i forhold til nabospennlengden velges ikke større enn 20 %.

De beregnede midlere radier R'_M i overgangskurvene angis bak mastnummerne i parentes, som f.eks.

M 13 (3000).

3.3 Avspenningsfelt

Avspenningsfelt er den del av kontaktledningen der to ledningspartene er festet i utliggere på den samme masten. I dette området må man sikre seg at energioverføringen mellom togenes strømavtakere og begge kontaktledningenes kontakttråder er god. Avspenningsfeltene inneholder bl.a. en elektrisk forbindelse og en kontaktledningskryssing. Den enkleste form av vekslingfelt med dreibare utliggere utføres med 2 felt. Det er egnet for hastigheter inntil 75 km/h. For større hastigheter må kontakttrådsskiftet lages elastisk. For dette formål utføres avspenningsfeltet som hovedsakelig 3-felt for system S 20 og 5-felt for system S 25.



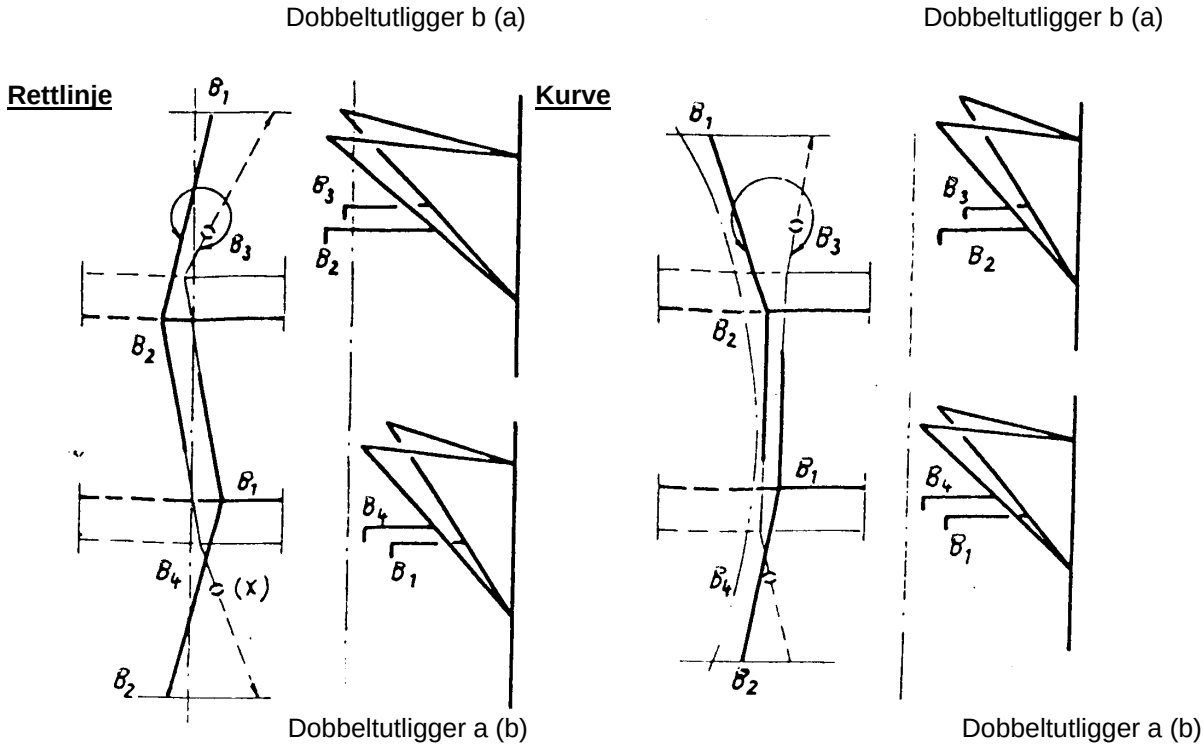
Figur 5.c.9 Kontaktledningsføring i en 3-felts avspenning

Spennlengden og kontaktledningens siksak er vist i vedlegg 14.1.

For kurver R<1100 m utføres 5-felt avspenningsfelt, og for kurver R ≥1100 m 3-felt avspenningsfelt. Grunnen til at 5-felt avspenningsfelt benyttes ligger i de korte spennlendene man får ved krappe kurver. Den ikke kjørbare kontakttråden må løftes minimum 150 mm ved utliggeren for at strømavtakeren ikke skal berøre denne. Benyttes 3-felts avspenningsfelt I forbindelse med korte spennlengder i kurver R < 1100, kan ikke kontakttråden heves 500 mm uten at den forhåndsløftes for mye midt i spennet. Derfor benytter man i disse områder helst 5-felts eller 4-felts avspenningsfelt.

I avspenningsfelt føres kontaktledningen med en innbyrdes avstand på 0,2 m. Ved avspenningsfelt for en vindhastighet på 26 m/s skulle parallellfeltet ikke utføres større enn 60 m. Nabofeltene skal ikke være lengre enn 65 m

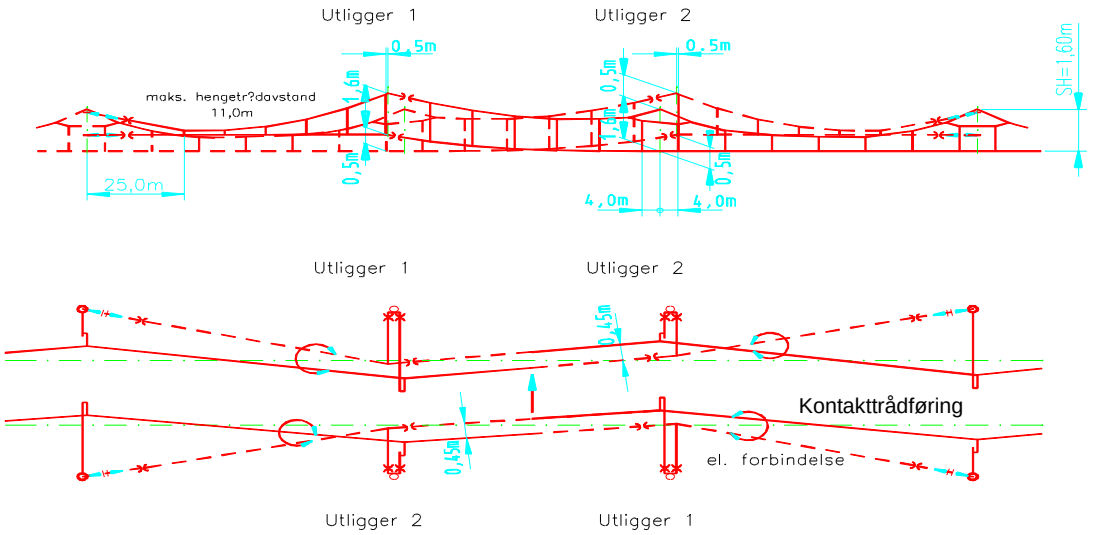
Anordningen av utliggerne avspenningsfeltene kan utføres som vist på bilde 5.



Figur 5.c.10 Anordning av utliggere i avspenningsfelt

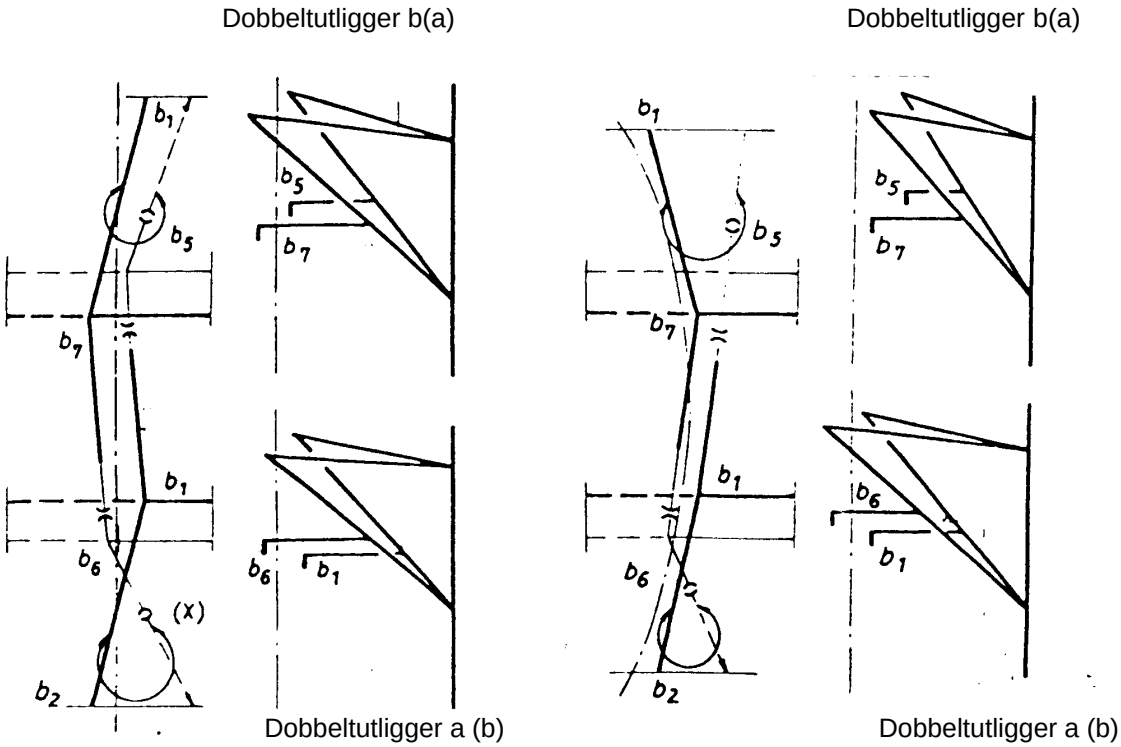
3.4 Seksjonsfelt.

I gjennomgående hovedspor kan kontaktledningene elektrisk seksjoneres ved å bygge seksjonsfelt. I seksjonsfeltene føres kontaktledningene med en innbyrdes avstand på 0.45 m. Kontaktledningene i seksjonsfeltene forbindes ikke med hverandre ved hjelp av strømbroer, men over kontaktledningsbrytere.



Figur 5.c.11 3-felts seksjon

Utliggernes anordning er vist i bilde 7 nedenfor.

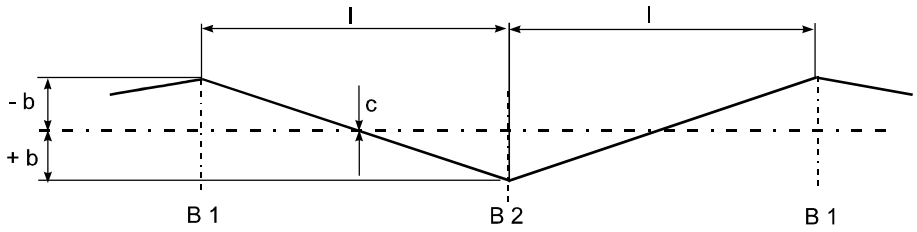


Figur 5.c.12 Anordning av utliggerne i seksjonsfelt

Spennlengder og kontakttrådens siksak er vist i vedlegg 14.1

3.5 Beregning av siksak

Kontaktledninganleggene må dimensjoneres slik at kontakttråden på den ene siden garanterer at strømavtagerens kullslepestykkene slites symmetrisk, og på den andre siden må tverriller som av en uønsket årsak er kommet i kullslepestykket, ikke bringe kontaktledningen i utillatte svingningen. For å oppnå dette føres ikke kontakttråden parallelt til sporaksen, men i siksak som dimensjoneres i avhengighet av strømavtagernes bredde på kullslepestykkene. På S20 føres kontaktledningen vekselvis 20 cm mot venstre (- 20 cm) og 20 cm mot høyre (+ 20 cm) på rettlinjer, fortegnene forutsetter at masten står til venstre i kjøreretningen.

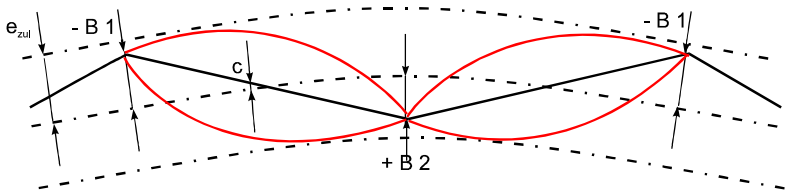


Figur 5.c.13 Kontakttrådens siksak - rett linje

I kurver forlegges kontakttråden - ved store radier - i siksak som vist på figur 5.c.14

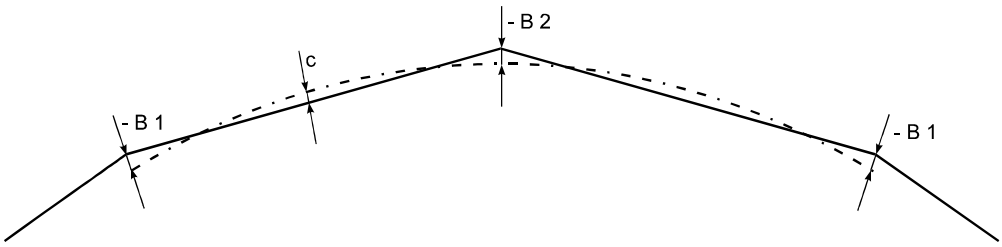
Her gjelder:

$B1 \neq B2$



Figur 5.c.14 Kontakttrådens siksak i store kurver

Ved mindre radier blir kontakttrådens siksak B1 og B 2 kun lagt på ytterside kurve (-B1 og -B2).



Figur 5.c.15 Kontakttrådens siksak i små radier

I vedlegg 14.1 er vist kontakttrådens siksak i avhengighet av radius og for en vindhastighet v = 26 m/s. Vi får således diagram 5 på neste side.

Det er hensiktsmessig å begynne med siksaken i kurvene. I disse områder er siksaken gitt utfra tegninger og tabeller. I overgangskurvene blir kontakttråden ført over "null" - dvs. kontakttråden som inntil nå er blitt ført på radiusens ytre side, føres over sporaksen på radiusens indre side.

En forvregning av målestokkene på strekningplanene gjør det lettere å gi en nøyaktig fremstilling av kontakttrådens siksak i kurver og sporvekselområder. Forvregningsforholdet er 1:10, dvs. lengdemålestokk 1:500 og høydemålestokk 1:50. Ved en avvinkling av sporene større enn 45° - sett fra sporaksen - blir betraktningene unøyaktige. Disse delene blir dreiet og betraktes loddrett.

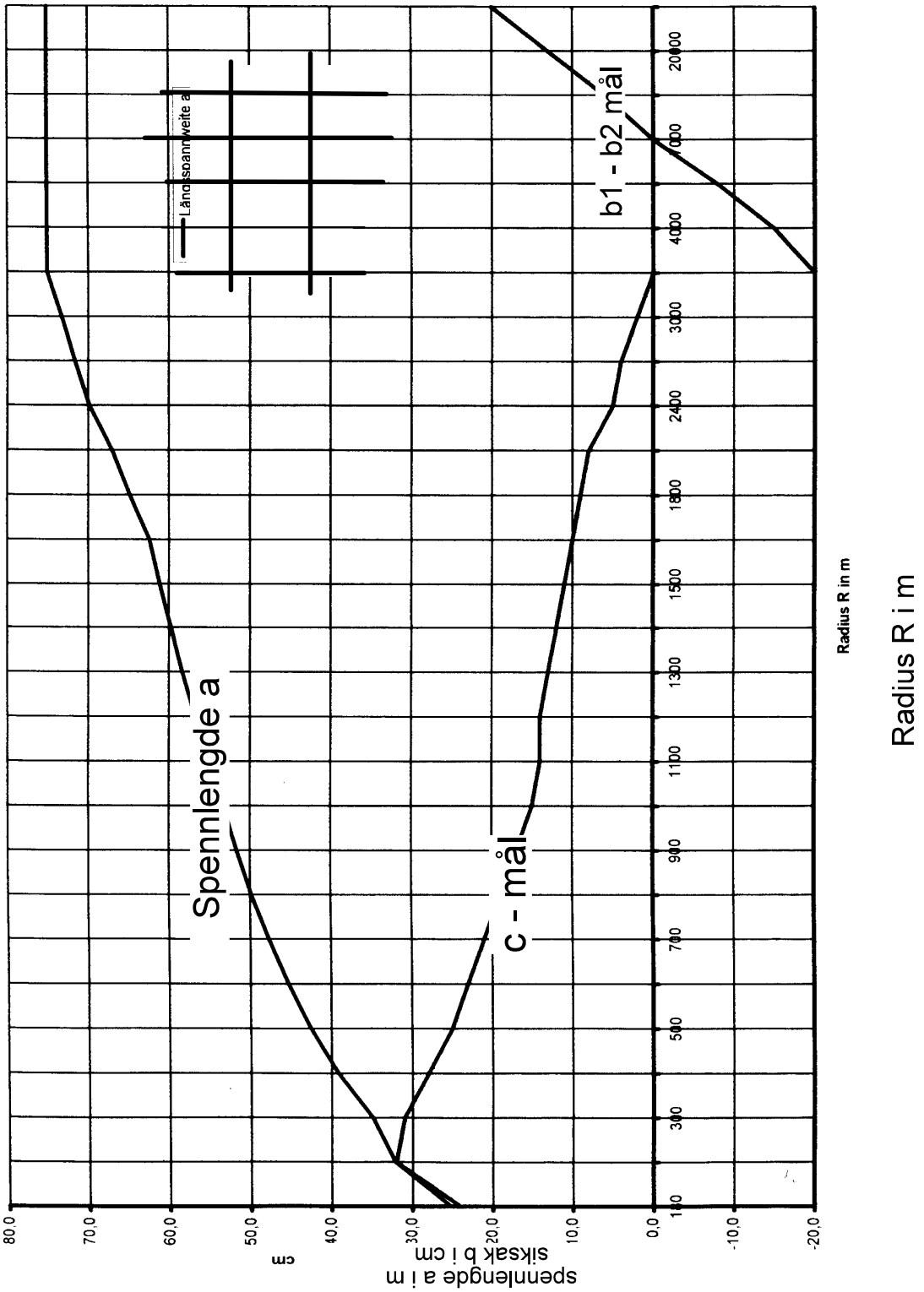
Vær forsiktig:

Er en siksak-veksling nødvendig og kontakttråden må føres over siksak "null", så må c-målet kontrolleres.

Hvis det er forskjell på overhøyden innenfor samme spennlengde, må også dette kontrolleres. En slik overhøydeforskjell vil i alle tilfeller virke inn på c-målet. Særlig viktig ved beregninger på eldre anlegg.

Etter at kontakttrådenes siksak er fastlagt, kontrolleres sidekreftene F_K. Her gjelder:

$$80\ N < F_K < 2500\ N$$



Figur 5.c.16. Kontakttrådens siksak b i avhengighet av radius R Spennlengde i m, kontakttrådens siksak i cm.

3.6 Beregning av kurvekrefter ved retningsendringer på kl-anlegget

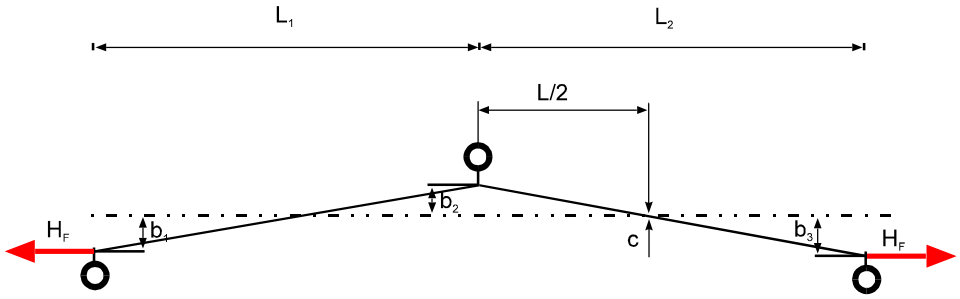
For å oppnå jevn slitasje på strømavtakernes slepekullstykker forlegges kontakttråden med en avstand fra den loddrette aksen fra spormidt. Denne avstanden kalles for siksak eller b-mål og veksler mest mulig fra side til side i forhold til spormidtaksen. Pga. denne retningsforandringen på kontaktledningen opptrer horisontaltvirkende kurvekrefter. Fra kontakttråden overføres kurvekraften F_{KF} til trykkstaget gjennom lett direksjonsstag og horisontalstag.

Bærelinen bli montert loddrett over kontakttråden. Dermed kan det i tillegg til kurvekraften fra kontakttråden også opptre kurvekrefter fra bærelinen, $F_{KT.}$

Det lette direksjonsstaget er konstruert for en viss kurvekraft, ca. 2500 N. På rettlinjer er kraftforholdene oversiktlige og som oftest langt fra grensen, men i kurver og veksler er det nødvendig med eksakte beregninger. I disse tilfellene får vi både sidekrefter pga. retningsforandringer på traséen og siksakendringer.

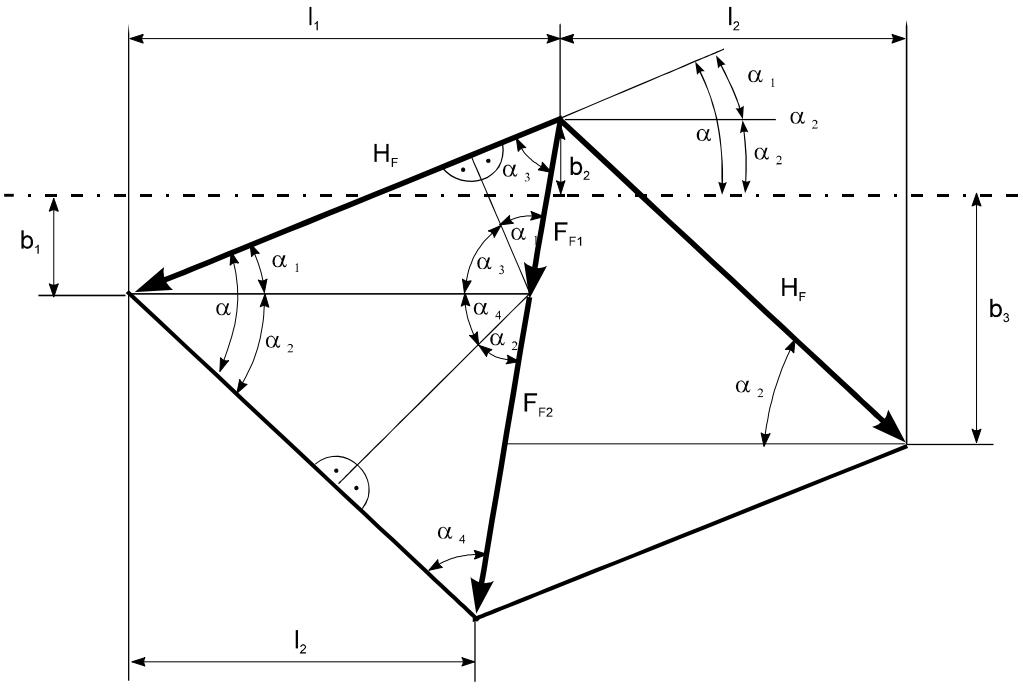
3.6.1 Kurvekrefter på rett linje

Avstanden fra spormidtaksen til kontakttråden ved utliggerne betegnes med b. I midte spenn kalles sideforsyvningen mellom spormidtakse og kontaktråd for c. Se figur 5.c.17.



Figur 5.c.17 Siksak på rett linje

Utfra ovenstående figur dannes følende forhold mellom kreftene i figur 5.c.18:



Figur 5.c.18 Krefter i kontaktledning

Hvis vi innfører følgende vinkler etter ligningene under

$$\tan \alpha_1 = \frac{b_1 + b_2}{l_1} \qquad \text{ligning (1)}$$

$$\tan \alpha_2 = \frac{b_2 + b_3}{l_2} \qquad \text{ligning (2)}$$

$$\alpha_3 = 180° - 90° - \alpha_1 = 90° - \alpha_1$$

$$\alpha_4 = 180° - 90° - \alpha_2 = 90° - \alpha_2$$

gjelder, etter sinussetningen:

$$\frac{a}{\sin \alpha} = \frac{b}{\sin \beta} \text{ for}$$

$$\frac{F_{K1}}{\sin\alpha_1} = \frac{H_F}{\sin(\alpha_1 + \alpha_3)} = \frac{H_F}{\sin(\alpha_1 + 90° - \alpha_1)} = \frac{H_F}{1}$$

$$F_{K1} = H_F \cdot \sin\alpha_1$$

$$F_{K2} = H_F \cdot \sin\alpha_2$$

$$F_K = F_{K1} + F_{K2} = H_F(\sin\alpha_1 + \sin\alpha_2) \qquad \text{ligning (3)}$$

Hvis $l'_1 = l_1$ og $b_1 = b_2 = b_3 = b$, gjelder

$$\sin\alpha_1 = \frac{2 \cdot b}{l} \text{ und } \sin\alpha_2 = \frac{2 \cdot b}{l}$$

$$\sin\alpha_1 + \sin\alpha_2 = \frac{2 \cdot b}{l} + \frac{2 \cdot b}{l} = \frac{4 \cdot b}{l}$$

Dette gir, når b- må l og spennlengder l er like

$$F_K = \frac{4 \cdot H_F \cdot b}{l} \qquad \frac{|F_K|\ |H_F|\ |b|}{|kN|\ |kN|\ |m|} \qquad \text{ligning (4)}$$

F_K: kurvekraft som virker på lett direksjonsstag
H_F: horisontalstrekk i kontakttråd
b : siksak
l : spennlengde

I [2] og [37] beregnes F_K på samme måte etter ligning (4).

Hvis man eksempelvis antar at H_F = 12 kN, l = 63 m og b = 0,2 m, får man en kurvekraft lik

$$F_K = \frac{4 \cdot 12 \cdot 0{,}2}{63} = 0{,}152 \text{ kN}$$

I veksler, avspenninger og seksjonsfelt vil vinkelen α være forskjellig mellom den innkommende og utgående.

3.6.2 Beregning av største mulige retningsforandring

Vinkelen α beskriver kontakttrådens vinkel i forhold til sporaksen på figur 5.c.18 Utfra ligningen

$\alpha = \alpha_1 + \alpha_2$ ligning (5)

beregnes vinkelen α.

Etter formel (3) kan, når det tas hensyn til tillatt belastning på lett direksjonsstag $F_{KTILLATT,}$ den maksimale α beregnes

$$\sin a_1 + \sin a_2 = \frac{F_{KTILLATT}}{H_F}$$ ligning (6)

$$\sin a_1 + \sin a_2 = \sin (a_1 + a_2) = \sin a$$

$$\sin a = \frac{F_{KTILLATT}}{H_F}$$ ligning (7)

Hvis $F_{KTILLATT} = 2{,}5$ kN og $H_F = 12$ kN
vil maksimal a være

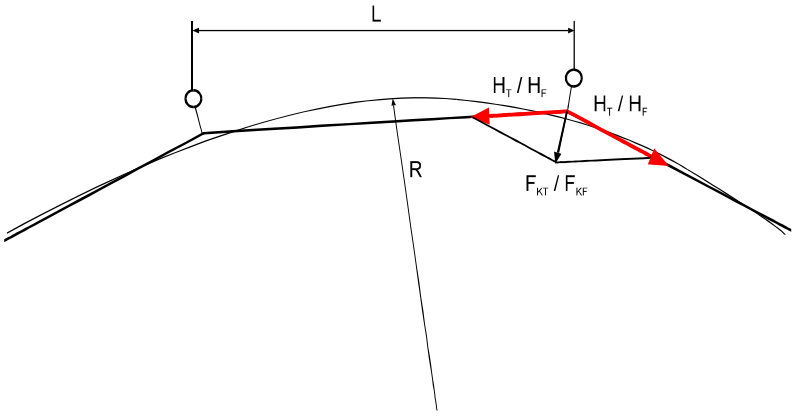
$$\sin a = \frac{2{,}5 \text{ kN}}{12 \text{ kN}} = 0{,}208$$

$$a = 12{,}02°$$

3.6.3 Kurvekrefter i kurver

For beregning av kurvekreftene til kontakttråd og bæreline, F_{KF} og $F_{KT,}$ i kurver, gjelder følgende

$$F_{KT,F} = \frac{H_{T,F} \cdot L}{R} \qquad \frac{F_{T,F}\ H_{T,F}\ L\ R}{kN\ \ kN\ m\ m} \qquad \text{ligning (8)}$$



Figur 5.c.19 Kurvekrefter i kurver

Eksempel: R = 800 m, H_F = 12 kN og l = 45 m gir en F_{KF} på

$$F_{KF} = \frac{H_F \cdot L}{R} = \frac{12 \cdot 45}{800} = 0{,}675 \text{ kN}$$

Her betyr

F_{KF} : Kurvekraft kontakttråd
H_F : Horisontalstrekk kontakttråd
L : spennlengde
R : kurveradius

3.6.4 Traséuavhengig beregning av kurvekrefter

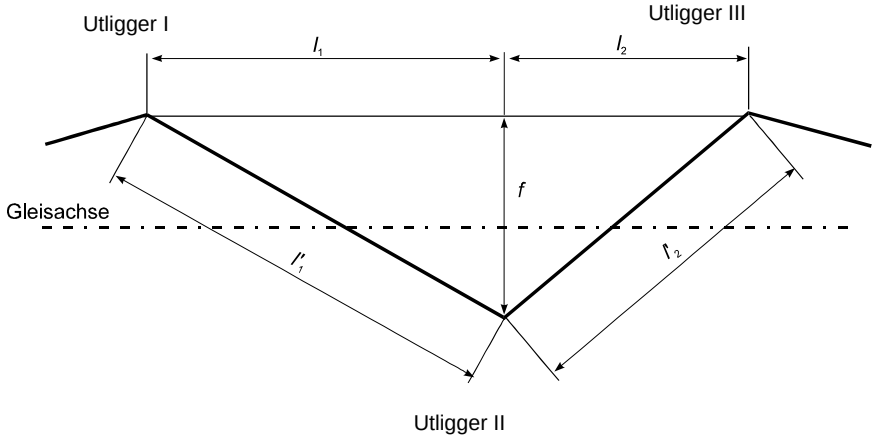
Den allmenne formelen for å beregne kurvekraften tar hensyn bare til retningforandringen til kontaktledningen, se ligning (9) og figur 5.c.20.

$$F_S = H_F \cdot f \cdot \frac{l_1 + l_2}{l_1 \cdot l_2} \qquad \text{ligning (9)}$$

F_S Kurvekraft kontakttråd i N
H_F Horisontalkraft til kontakttråd i N

f Avstand mellom betraktede kontakttrådklemmer og forbindelseslinjen til den etterfølgende kontakttrådklemmen i m

l_1, l_2 spennlengder i m



Figur 5.c.20 Beregning av siksakendring f på utligger II

Med tilstrekkelig nøyaktighet kan man anta at *l'* = *l*. Størrelsen *f* kan beregnes eksakt eller den kan måles utfra en strekningsplan hvor målestokken er forstørret i y-aksen. Eksempel: Ved spennlengder $l_1 = l_2 = 65$ m og siksak på rett linje b = 0,30 m ved horisontalstrekk $H_F = 15$ kN blir kurvekraften $F_S = 276{,}9$ N. Dette er større enn F_{Smin} = 80 N og oppfyller betingelsen $80\ N \leq F_S \leq 2500\ N$.

På lette direksjonsstag i seksjonsfelt hvor f.eks. $l_1 = 56$ m $l_2 = 70$ m og siksak $b_1 = -0{,}15$ m , $b_2 = -0{,}30$ m, $b_3 = 3{,}75$ m og f = 1,9 m ved horisontalstrekk $H_F = 15$ kN , opptrer en kurvekraft $F_S = 916$ N. Dette oppfyller også betingelsen $80\ N \leq F_S \leq 2500\ N$.

3.7 Planlegging av jernbanens tilkoblingsledninger

3.7.1 Anvendelsesbegreper:

Definisjonene er gitt i hovedboken for prosjektering.

Når det gjelder jernbanens tilkoblingsledninger har man i denne boken følgende anvendelsesbegreper:

Mateledninger: Ledninger fra omformere som mater kontaktledningen

Forsterkningsledning: Ledning parallelt til kontaktledningen for tverrsnittsøkning og for reduksjon av spenningsfall

Forbigangsledning: Ledning i friluft for mating forbi en jernbanestasjon for å mate avsnittet som ligger etter denne med energi

Returline: Ledning i friluft på mast for å føre returstrøm

Returkabel: Jordledning for å føre returstrømmen fra spor til

omformerens nullskinne

Ved planlegging av tilkoblingsledninger, må det lages avstandsdokumentasjon for de kristiske steder - f.eks. bygninger.

Mellom returledningsline og forsterkningsledning samt kontaktledning, må det statisk overholdes en minste avstand på 500 mm. Mellom returledningsline og forsterkingslinje samt kontaktledning, må det opprettholdes en dynamisk minsteavstand på 150 mm iflg VDE 0210 Tz. 11.2.2. VDE 0210 Tz. 11.2.2 legger til grunn en utsvingningsvinkel på 65° og et nedheng ved 40° C.

Returledningslinen kan monteres lavere enn kontakttråden, men det må tas hensyn til sikkerhetsavstanden mellom grunn/mark og ledning og de må overholdes.

Ut fra disse betingelsene beregnes mastehøyden og avstander mellom liner og ledninger for det vilkårlig valgte sted x.

Beregningsgrunnlaget for avstandsdokumentasjonen mellom returledningsline til kontaktledningens bæreline, blir forklart nedenfor. Avstandsdokumentasjonen for mate- og forsterkningsledning lages når man trenger dette.

3.7.2 Avstand for returledningsline til kontaktledningens aktive deler

- Returledningslinens avstand i hvilestilling til deler i kontaktledningen som fører spenning er 0,5 m
- Avstand ved kortvarig, dynamisk tilnærming i utsvingt tilstand 0,15 m (DIN VDE 0210 11.2.2)
- Avstand til jordede anleggskomponenter, minst 0,1 m, til veibommer minst 1,0 m
- Returledningsline kan henges under kontakttrådhøyde, men det påsees at sikkerhetsavstanden mellom grunn og returledningsline overholdes
- Høyde under mastoverkant 0,29 m (+ støtteisolatorhøyde gir sikkerhets-avstand på 0,5 m)

3.7.2.1 Strekkraft i returledningsline Al 240

Strekkraften i returledningslinen er maksimalt 20 N/mm². (40% av bruddlast)

3.7.2.2 Mastelengder

Under de betingelser som er nevnt her, blir returledningslinen normalt montert uten Ue-mål. Ved bygg eller signaler dokumenteres returledningslinens avstand til disse.

Ved utgående liner fra kontaktledningen til f.eks. avspenninger eller fixpunktliner, beregnes et Ue-mål.

Avvik må dokumenteres.

Mastlengden beregnes for følgende tilfeller:

Mastlengde over SO: $H = FH + 2/3\ ü + SH + Ue$

eller $H_{SO} = FH + 2/3\ ü + f_{max60} + Ue$

Normal bæremast: Toppmål 200 mm for utligger.

Betingelser:

- Normal spennlengde returledningsline ≥ 55 m
- FH ≤ 5,60 m, SH ≤ 1,80 m
- Mastavstand til spor Mast A og B ≥3,0 m
- Returledningsoppheng Mast B ikke lavere over SO enn på mast A.

Mast i avspenningsfelt (loddavspenning) rett linje:

Hevet line over FH ≤ 0,90 m spennlengde ≤ 70 m

Mastlengde over SO H_{SO} ≥ 9,15 m
Tilovers Ue ≥1,75 m

Mast i fixpunkt eller ved fixpunktforankring rett linje:

Fixpunkt ≤ 1,80 over FH spennlengde ≤ 75 m

Mastlengde over SO H_{SO} ≥ 9,90 m
Tilovers Ue ≥ 2,50 m

3.7.2.3 Beregningsgrunnlag

Returledningsavstanden kontrolleres enten i hvilestilling med en temperatur på 60°C eller svinges ut til 65° med en temperatur på 40° C - dette dokumenteres.

Den utgående kontaktledningen eller fixpunktline antas å ikke ha nedheng og den er i ro, dvs. den har ingen utsvingning.

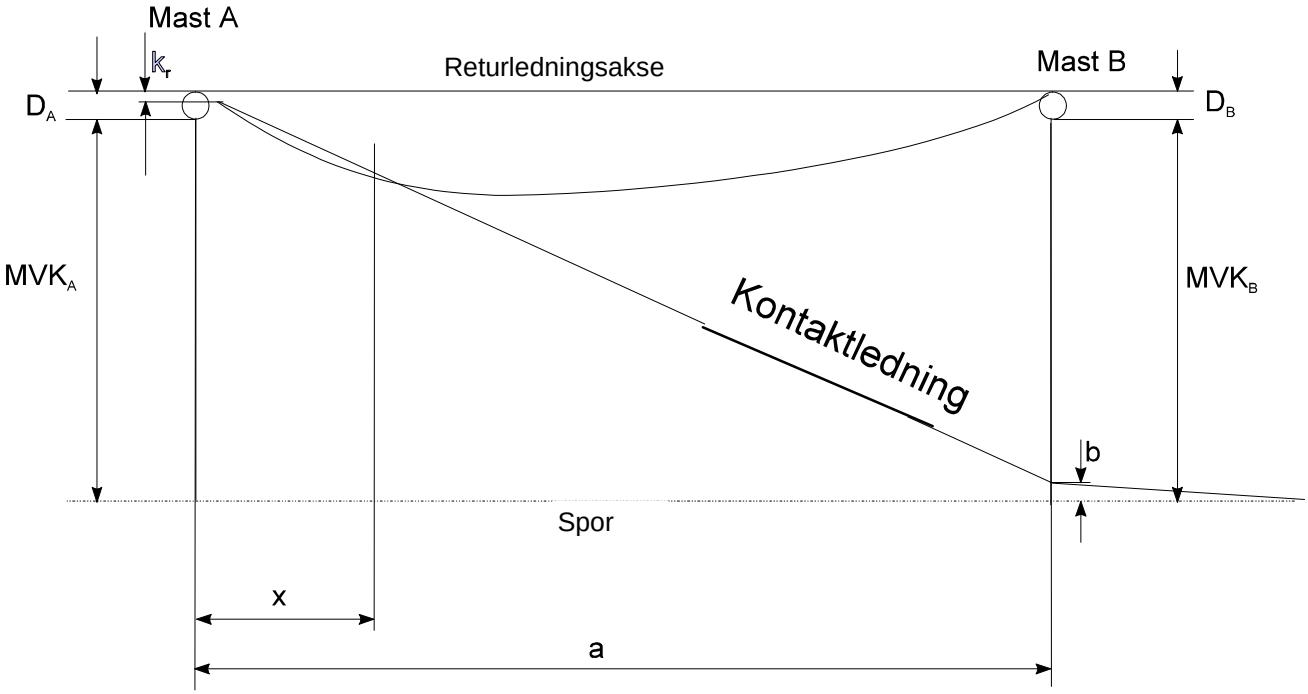
Hvis returledningslinen som er svingt ut krysser kontaktledningen eller fixpunktlinen (avstand horisontal negativ), settes den horisontale avstand på dette sted på null. Det ville bli en berøring av lederne. Er avstanden vertikalt negativt (leder lavere enn kontaktledningen), settes den vertikale avstand til null. Det er mulig å dimensjonere returledningslinens nedheng slik at returledningslinen henger lavere enn kontakttråden. I så tilfelle tas det hensyn til sikkerhetsavstandene mellom kontaktledningsanleggets strømførende deler og jord iflg. punkt 4.

Den absolutte avstand mellom returledningslinen og kontaktledningen, henholdsvis fixpunktline, beregnes geometrisk ut fra den vertikale avstand mellom returledningsaksen og utgående kontaktledningen samt den horisontale avstand mellom returledningsakse og

utgående kontaktledningen minus returlinens nedheng ved en temperatur på 40° C $f_{x\,40}$ - eller settes lik med den horisontale avstand,

Der ledningspartene er ført til avspenning, ved seksjons- og avspenningsfelt bør spennlengdene være:

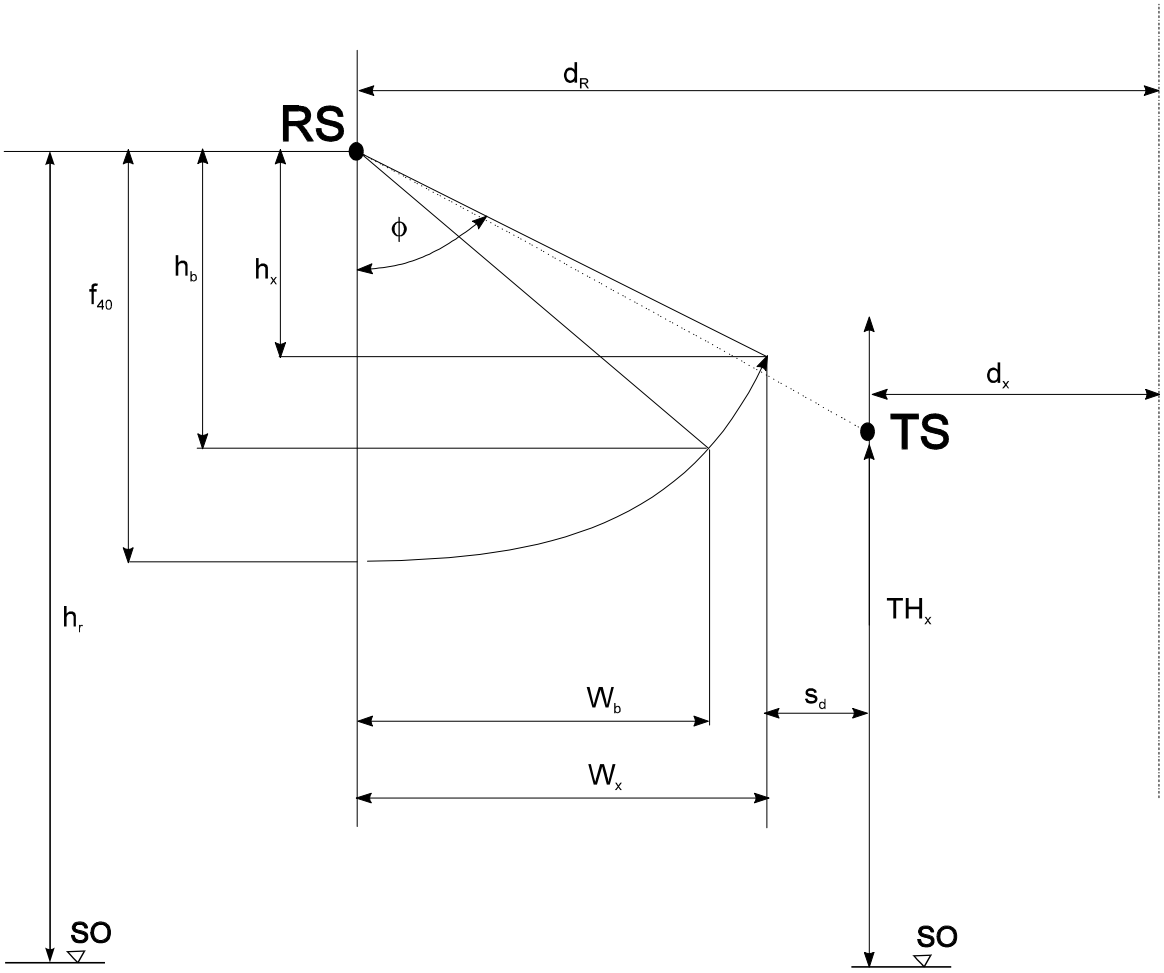
a = 65 / 60 / 65 m



Figur 5.c.21 Oversiktstegning, master med utgående kontaktledning og utsvingt returledningsline

Forklaring til figur 5.c.21:

MVK_A	Avstand mastforkant - spormidte mast A
MVK_B	som ovenfor, mast B
D_A	Avstand masteforkant - returledningsoppheng på mast A
D_B	som ovenfor, mast B
b	siksak (positiv i retning mast)
k_r	Avstand returledningsline til kontaktledningen (mot spor positiv)
a	Spennlengde
x	Avstand fra Mast A til punktet x
d_h	Kontakttrådens heving fra normal høyde FH



Figur 5.c.22 Avstand ved punktet x

Her betyr:

h_r	Høyde returledningsakse over SO ved mast
TH_x	Høyde bæreline over SO på sted x
d_R	Avstand returledningsakse - midte spor sted x
d_r	Avstand bæreline-midte spor på sted x
d	Absolutt avstand mellom bæreline TS og returledningsline RS
f_{40}	maks. nedheng av returledningsline ved 40° C
f_{x40}	Nedheng returledningsline ved 40° C på sted x
SH	Systemhøyde
FH	Kontakttrådhøyde over SO
W_x	Horisontal avstand for returline fra hvilestilling li utsvingt tilstand med Φ=65°
h_x	Høyde til Wx
W_b	Avstand på det sted hvor returledningslinen ville berøre kontaktledningen når den svinger ut
S_d	Avstand horisontalt til kontaktledningen
h_u	Høydedifferanse mellom mastene referert til SO: H_{BSO} - H_{ASO}
H_{ASO}	Høyde mast A H_{BSO} Høyde mast B
k_A k_B	Avstand returledningsline under mastetopp mast A og B

På sted x fås følgende avstander iflg. fig. 5.c.22:

Høyde bæreline: $$TH_x = FH + d_h + \frac{SH - d_h}{a} \cdot x$$

Avstand kontaktledningen: $$d_x = \frac{(MVK_A + D_A - k_r - b)(a - x)}{a} + b$$

Avstand returledningsakse -spor: $$d_R = \frac{(MVK_B + D_B - MVK_B - D_A) \cdot x}{a} + MVK_A + D_A$$

Forhold ved vind (utsvigningsvinkel 65°) og temperatur på 40° V i returledningsline ved punkt x:

$$W_X = f_{x40} \cdot \sin\Phi$$

$$h_x = f_{x40} \cdot \cos\Phi$$

Høyde returledningsaksen over SO $$h_r = H_{ASO} - k_A + \frac{h_u + k_A - k_B}{a}$$

Nedheng ved punkt x: $$f_x = 4 \cdot f_{max} \frac{x}{a}\left(1 - \frac{x}{a}\right) - \frac{h_u}{a} x$$

l Avstand mellom mast og punkt x
f_{max} Maks. nedheng returledningsline for 40° C eller 60° C

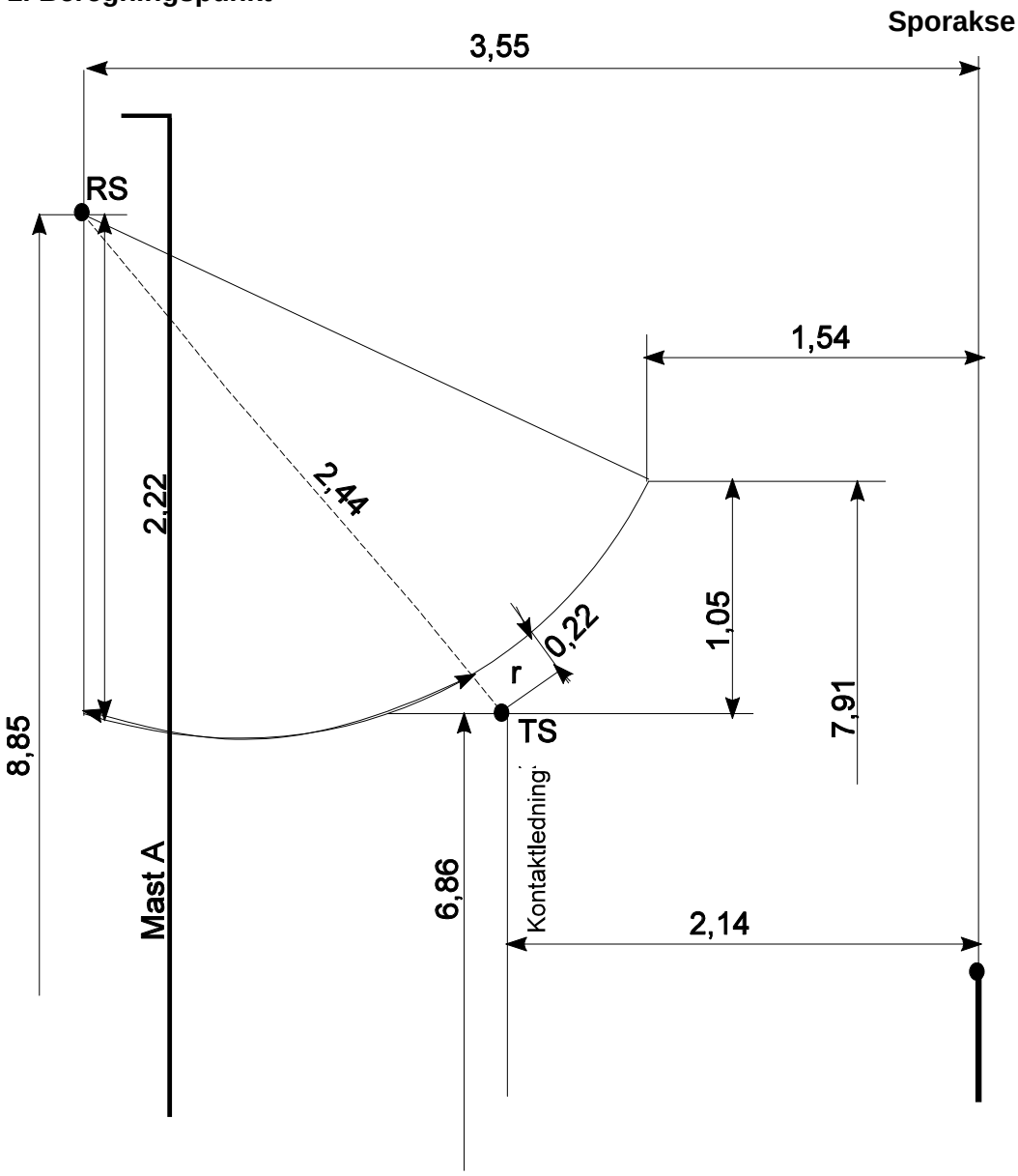
Absolutt avstand: $$d = \sqrt{[(h_r - TH_x)^2 + (d_R - d_x)^2]} - f_{x40}$$

I kurver med radius R blir avstanden mellom spor og mast større eller mindre pga. overhøyden b_h .

Overhøyde $$b_h = \frac{a^2}{8R}$$

punktene som er valgt ut, lages avstandsokumentasjonen som følger:

1. Beregningspunkt



Figur 5.c.23 Beregning av linens utsving ved et gitt punkt

H ø y d e R 8,85	A v s t . R 3,55
H ø y d e T r. 6,86	A v s t . T r. 2,14
1,99	1,41

$\sqrt{1,99^2 + 1,41^2} = 2,44$

$2,44 - 2,22 = 0,22$

4 PROSJEKTERING AV S 20PÅ STASJONSOMRÅDER

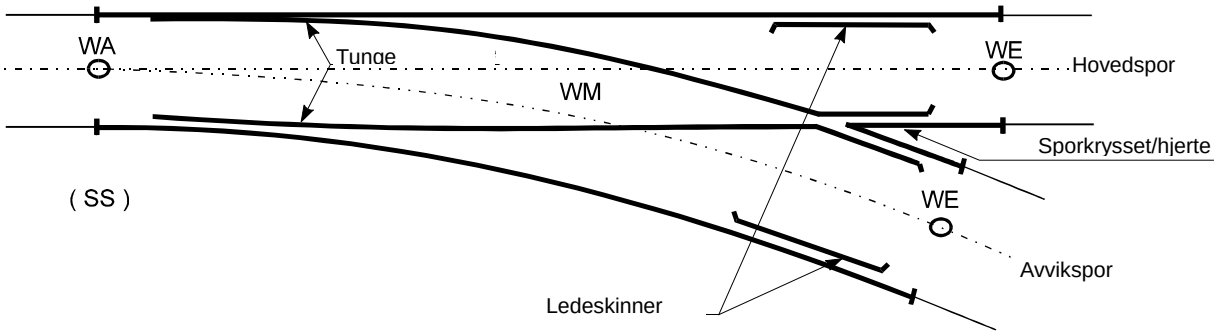
4.1 Ledningsføring i veksler

4.1.1 Innledning

I områder med veksler og kryss er plasseringen av kontaktledningsmastene svært viktige og man kan i liten grad endre på denne plasseringen. Hvis vekslene av en eller annen grunn må forskyves, må også mastene flyttes ved vekselen og også i omkringliggende områder. Med nye kunnskaper om kontaktledningsføring har man nå grunnlag for å få optimale forhold for kontaktkreftene også i områder med sporveksler. Betrakter man bare en veksel i en overgangssløyfe eller innkjøringsvekselen på en stasjon kan man riktignok få en hvis ide om ledningsføringen, men det er bare gjennom å betrakte vekselen som en del av den samlede sporgeometrien og stedlige forhold som sporavstand og plassering i forhold til andre veksler som man kan planlegge en optimal ledningsføring. Områder med veksler og kryss krever stor oppmerksomhet, spesielt ved hastigheter over 160 km/h. De største kontaktkraftspissene finnes ved avspennings- og seksjonsfelt og i sporvekselområder. Disse kraftspissene fører til økt slitasje. Dessverre kan skader på kontaktledningen eller strømavtaker føres tilbake til ukorrekt ledningsføring i veksler og kryss.

4.1.2 Oppbygging og beskrivelse av veksler

Begrepet sporveksel er en felles betegnelse for sporveksel, kryss og krysningssporveksel. De tjener som forbindelse fra et spor til et annet - uten opphold i kjøringen. Man skiller mellom hoved- og avviksspor.



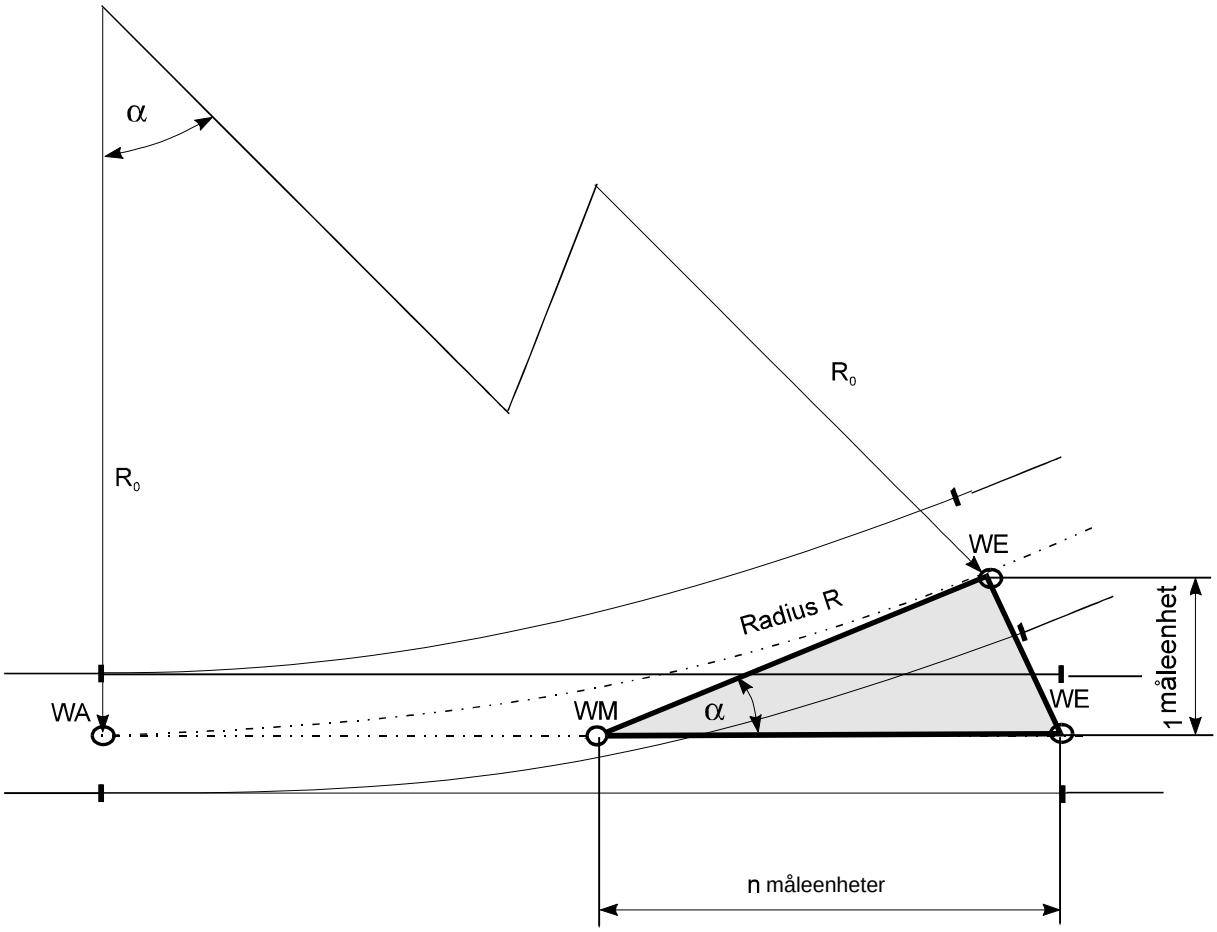
Figur 5.c.24 Oppbygging av sporveksel

Forklaring

WA stokkskinneskjøt
WM teoretisk kryss
WE bakkant veksel

Beskrivelsen av en sporveksel på en strekningsplan er i en forenklet form og kalles for tangentframstilling. En tangen fra avvikssporets spormidtakse krysser hovedsporets spormidtakse og dette krysningspunktet kalles for teoretisk kryss. Radiusen til avvikssporet

tangerer hovedsporets akse i et punkt som kalles for sporvekselens start. Dette punktet er ikke identisk med stokkskinneskjøten.

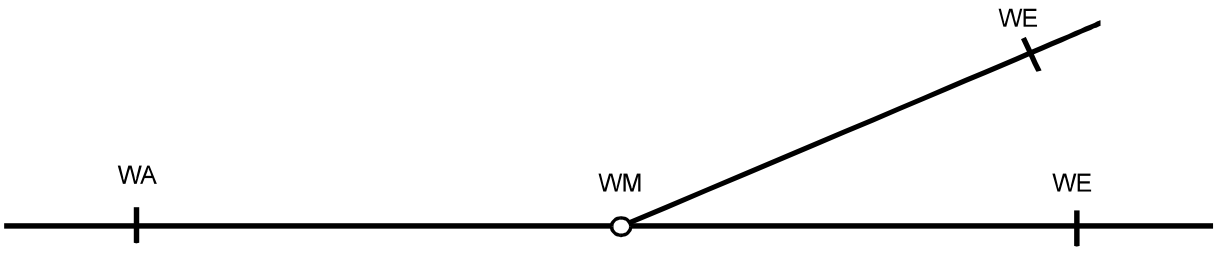


Figur 5.c.25 Tangentframstilling av sporveksler.

Vinkelen α angis i gon. omregning fra grad til gon ifølge ligning (1)

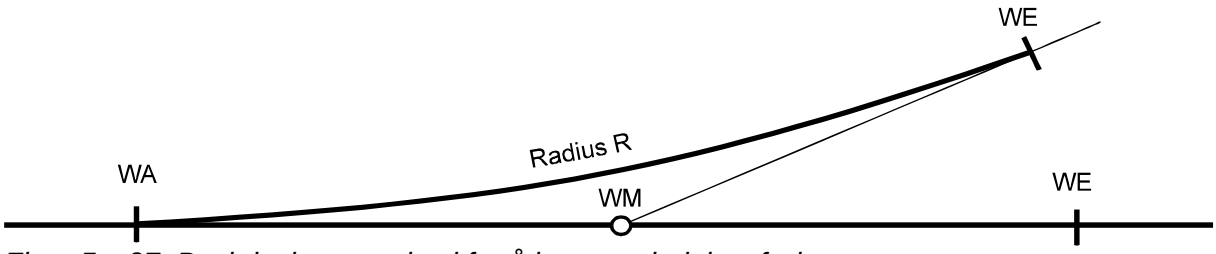
$$a\,(\text{gon}) = \frac{a\,(\text{grad}) \cdot 100}{90} \qquad \text{ligning} \quad (1)$$

Vinkelen α dannes fra stigningsforholdet 1 : n. Vi kan finne stigningforholdet i sporvekselbetegnelsen. Radiusangivelsen på strekningsplaner er som oftest angitt på innerside spor. Denne måten å beskrive spor og veksler på fører ofte til forvekslinger.
På figur 5.c.25 ser man den enkleste formen som vekselen vises på i strekningsplanen. Symbolmessig kan denne utføres som figur 5.c.18, men denne måten å vise vekselen på kan ikke benyttes til å prosjektere ledningsføringen i veksler.



Figur 5.c.26 Symboltegning av veksel på strekningsplan

For å beregne kl-anlegget over en sporveksel må man kjenne vekselens radius. Til det trenger man minst opplysninger som figur 5.c.27



Figur 5.c.27 Beskrivelse av veksel for å beregne ledningsføringen

En fullstendig sporgeometri som i figur 27 danner grunnlaget for ledningsføringen i veksler. Det er i den sammenheng det samme om man benytter manuelle metoder eller tegner anlegget inn på digital form.

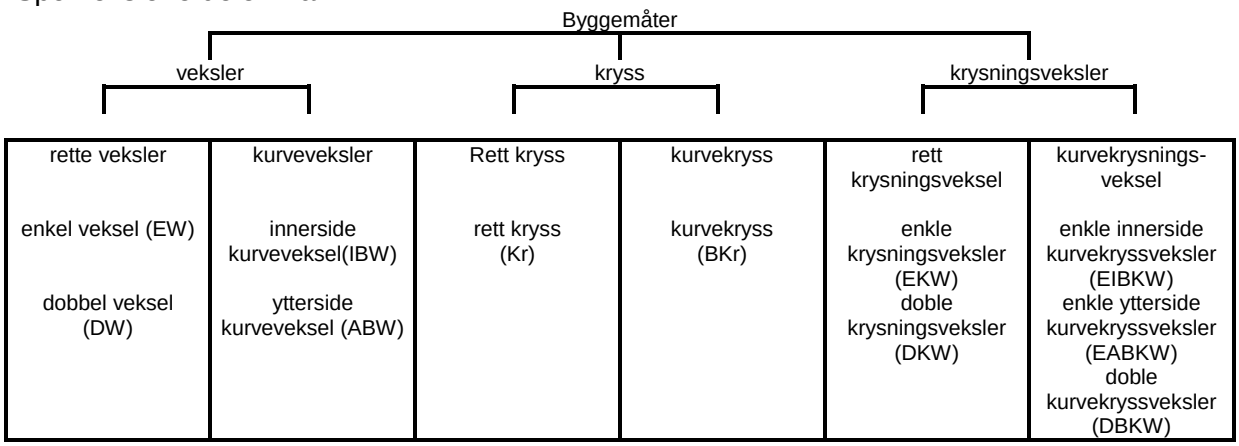
4.1.3 Sporvekseltyper og -betegnelser

Kjennskap til sporvekselbetegnelser og identifikasjonen til sporvekseltyper er nødvendig for å prosjektere kontaktledningsanlegg. Sporplanene inneholder kun forkortelser som f.eks.

EW 60 - 1200 - 1 : 26,5 fb eller 1 : 26,5 R 1200.

Denne forkortelsen inneholder alle nødvendige data for å beskrive sporvekselens geometri.

Sporvekslene deler man inn i



Figur 5.c.28 Oppdeling av sporveksler

Følgende konstruktive og geometriske betegnelser er også viktige:

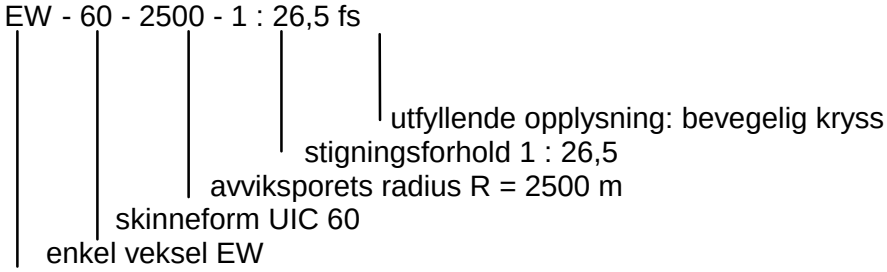
Geometriske betegnelser	vekseltype	EW, EKW, DKW, DW, IBW, ABW, EIBKW, EABKW, DBKW; Kr, BKr,
	avvikssporradius	150, 190, 215, 300, 500, 1200, 1500 , 2450 , 2500, 3000 , 3700, 4800, 6000, 10000, 16000,
	stigning	1 : 6,6 , 1 : 7,5 , 1 : 9 , 1 : 12 , 1 : 14 , 1 : 18,5 , 1 : 26,5, 1 : 35 , 1 : 37 ,
	retning avvik	venstre(l) , høyre (r) ,
Konstruktive betegnelser	skinneform	S 49 , S 54, UIC 60, R 65,
	tungetype	leddtunge (Gz), fjærtunge (Fz) , fjærskinnetunge (Fsch),
	kryss	(fb)
	svilletype	tre(H) , hardtre (Hh) , stål (St) , betong

Figur 5.c. 29 Konstruktive og geometriske betegnelser på sporveksler

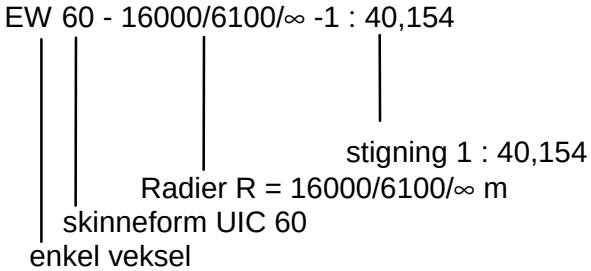
Sporvekslene betegnes

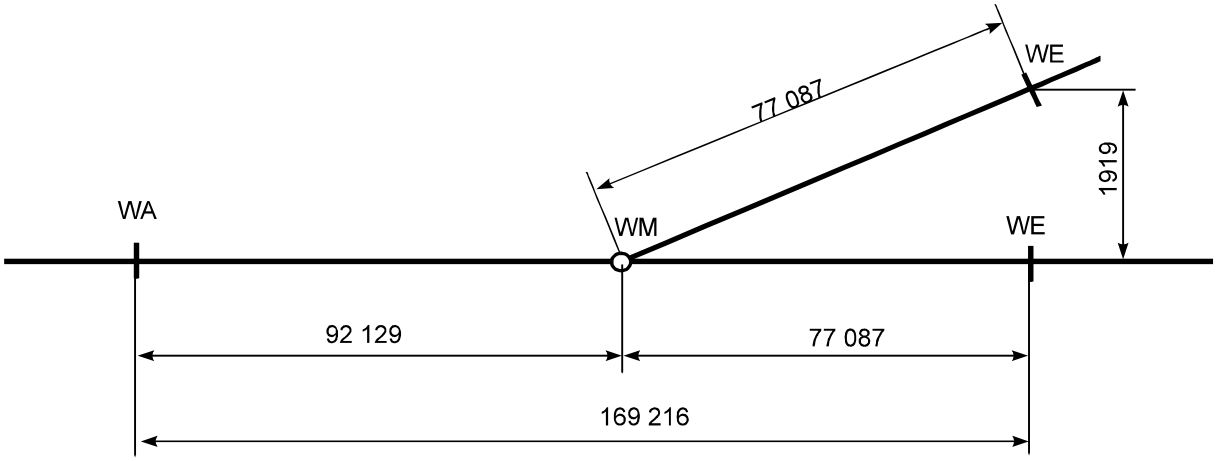
- etter enhetlige geometriske og konstruktive,
- etter bestemte forkortelser som kommer i fastlagt rekkefølge,
- med enkelte utfyllende opplysninger som i figur 21

Eksempel på en sporvekselbeskrivelse:



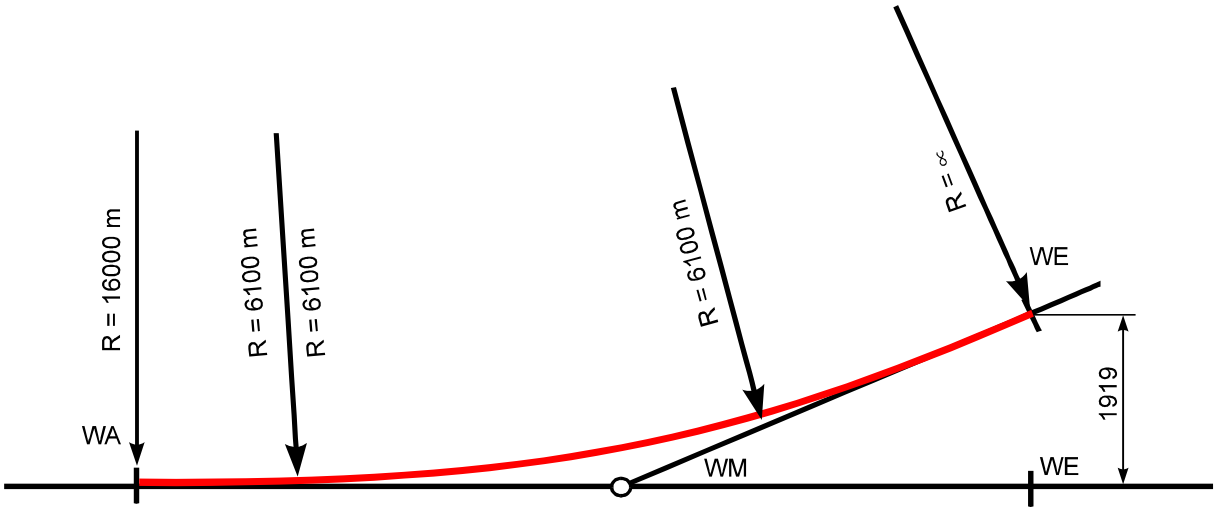
I den senere tid er det benyttet klotoideveksler på høyhastighetsbaner. Denne byggeformen medfører at man kan innføre to forskjellige radiuser i avvikssporet. Derigjennom kan man kjøre med en hastighet inntil 200 km/h i avviket. I tillegg kan sporavstanden minskes. En typisk beskrivelse av en klotoideveksel betyr:





Figur 5.c.30 Tangentframstilling av EW 60 - 16000/6100/✪ - 1 : 40,154

Figur 5.c.31 viser krumningsforløpet til vekselen i figur 5.c.25.



Figur 5.c.31 Krumningsforløp til en klotoideveksel

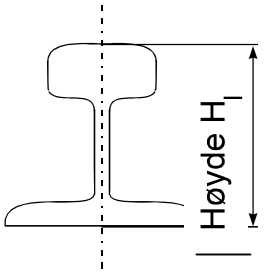
Når det planlegges ledningsføring i klotoideveksler må man være ytterst nøyaktig. De høye hastighetene i avvikssporene tvinger samvittighetsfullt planlegging.

4.1.4 Sporvekselens plassering

Sporvekselens begynnelse eller start er fastpunkt når mastene skal utplasseres og er derfor viktige å finne. Det er som tidligere nevnt ikke samsvar mellom tungespiss eller tungebegynnelse og sporvekselens start WA. Sporvekselens start er stokkskinneskjøten. Det er mulig å måle seg fram til denne med stor nøyaktighet. Til dette gjelder målene a_1 og a_2 som vist på figur 34.
Skinnehøyden kan måles og forteller hvilken skinne og dermed også hvilken vekseltype man har. Avvikssporets radius kan også kontrolleres eller måles.
Etter at WA er funnet bør man merke skinnesteget "WA" med gul skrift. Skinnebyggerne benytter som oftest hvit skrift. Mørkere farger er ofte ikke leselige etter noen dager. Derfor er det lønnsomt å bruke gule farger for å markere stokkskinneskjøter og masteplasseringer.
Den beregnede plassering av stokkskinneskjøten tjener bare til å kontrollere om strekningsplanene stemmer overens med virkeligheten. Ofte vil man finne at vekslene ikke er plassert i.h.t. tegningene. Derfor er denne kontrollen meget viktig.
Når "WA" er plassert kan man begynne å utplassere mastene både på fri linje og på stasjoner.

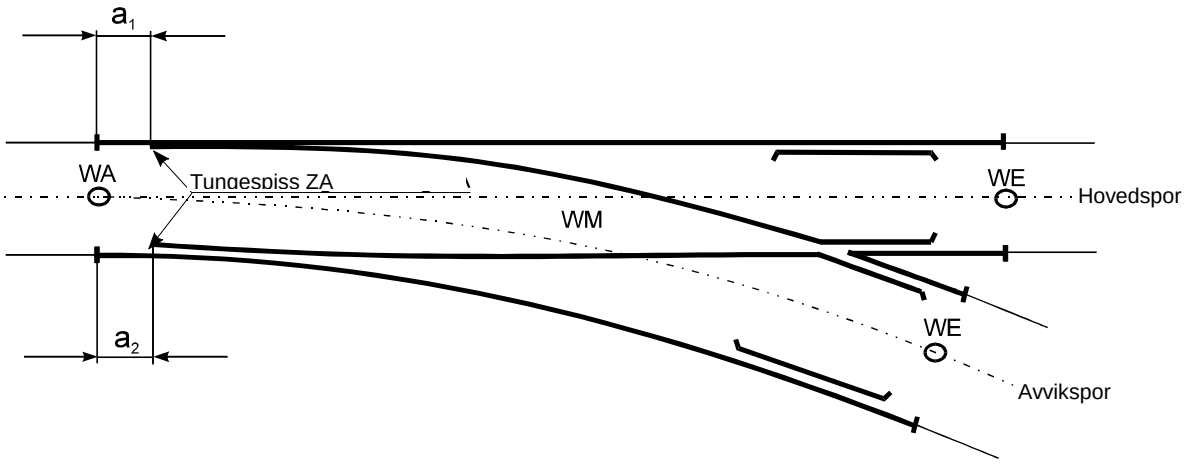
4.1.4.1 Beregning av vekselens start

For å finne hvilken skinnetype som er bygd måler man høyden på skinnen. Følgende skinnetyper er hovedsakelig benyttet



Skinnetype	S 49	UIC 54	UIC 60	R 65
H i mm	148	159	172	180

Figur 5.c.32 Høydemål for skinnetyper



Figur 5.c.33 Avstanden a_1 und a_2 mellom stokkskinneskjøt og tungespiss

Vekseltype	Avstand

		WA - ZA in m	
Skinnetype S 49		**a_1**	**a_2**
EW 49 - 150 - 1 : 6,6		1,053	1,043
EW 49 - 150 - 1 : 7,5		1,053	1,043
EW 49 - 190 - 1 : 7,5		1,248	1,248
EW 49 - 190 - 1 : 9		1,248	1,248
EW 49 - 190 - 1 : 9 (Pa)		0,585	0,558
EW 49 - 215 - 1 : 4,8		0,933	0,933
EW 49 - 300 - 1 : 9		1,468	1,468
EW 49 - 500 - 1 : 12		2,165	2,142
EW 49 - 500 - 1 : 14		2,165	2,142
EW 49 - 1200 - 1 : 18,5		3,335	3,324
Skinnetype UIC 54		**a_1**	**a_2**
EW 54 - 190 - 1 : 7,5		1,027	1,027
EW 54 - 190 - 1 : 9	**	1,027	1,027
Symm ABW 54 - 215 - 1 : 4,8		1,027	1,027
EW 54 - 300 - 1 : 9	**	1,402	1,402
EW 54 - 300 - 1 : 9,4		1,402	1,402
EW 54 - 300 - 1 : 14		1,402	1,402
EW 54 - 500 - 1 : 12	**	0,807	0,807
EW 54 - 500 - 1 : 14		0,807	0,807
EW 54 - 760 - 1 : 14	*	0,807	0,807
EW 54 - 760 - 1 : 15		0,807	0,807
EW 54 - 1200 - 1 : 18,5		0,802	0,802
EW 54 - 1200 - 1 : 19,227		0,802	0,802
Skinnetype UIC 60		**a_1**	**a_2**
EW 60 - 300 - 1 : 9	**	0,805	0,805
EW 60 - 300 - 1 : 9,4		0,805	0,805
EW 60 - 300 - 1 : 14		0,805	0,805
EW 60 - 500 - 1 : 12	**	0,805	0,805
EW 60 - 500 - 1 : 14		0,805	0,805
EW 60 - 760 - 1 : 14	*	0,805	0,805
EW 60 - 760 - 1 : 15		0,805	0,805
EW 60 - 1200 - 1 : 18,5	*	0,805	0,805
EW 60 - 1200 - 1 : 19,227		0,805	0,805
EW 60 - 2500 - 1 : 26,1	*	2,005	2,005
EW 60 - 2500 - 1 : 27,5		2,005	2,005
EW 60 - 3000 / 1500 / 10863 - 1 : 23,850			
EW 60 - 3000 / 1500 - 1 : 20,000			
EW 60 - 4800 / 2450 / ✪ - 1 : 30,6846			
EW 60 - 4800 / 2450 / 17312 - 1 : 30,6846			
EW 60 - 4800 / 2450 - 1 : 26,5		2,402	2,402
EW 60 - 6000 / 3700 - 1 : 32,5		3,102	3,102
EW 60 - 7000 / 6000 - 1 : 42		4,723	4,723
EW 60 - 10000 / 4000 - 1 : 33,500			
EW 60 - 10000 / 4000 / ✪ - 1 : 39,1131			
EW 60 - 10000 / 4000 / 30151 - 1 : 39,1131			

* Nye veksler ** Gamle veksler

Figur 5.c.34 Avstand stokkskinneskjøt til tungespiss

Radiusen til avviksspor med konstant radius kan beregnes v.hj.a. pilhøyden h_f

$$h_f = \frac{l_S^2}{8 \cdot R}$$

Forklaring

hf pilhøyden til kurven i m
l_S taulengden i m
R kurvens radius i m

Radiusen beregnes som følger

$$R = \frac{l_S^2}{8 \cdot h_f}$$

Ved en taulengde på 20 m og en målt pilhøyde på 125 mm beregnes en radius lik

$$R = \frac{20^2}{8 \cdot 0{,}125} = 400 \text{ m}$$

4.1.5 Ledningsføring i veksler

4.1.5.1 Nødvendige opplysninger

For ledningsføringen over vekslene er følgende opplysninger nødvendige:

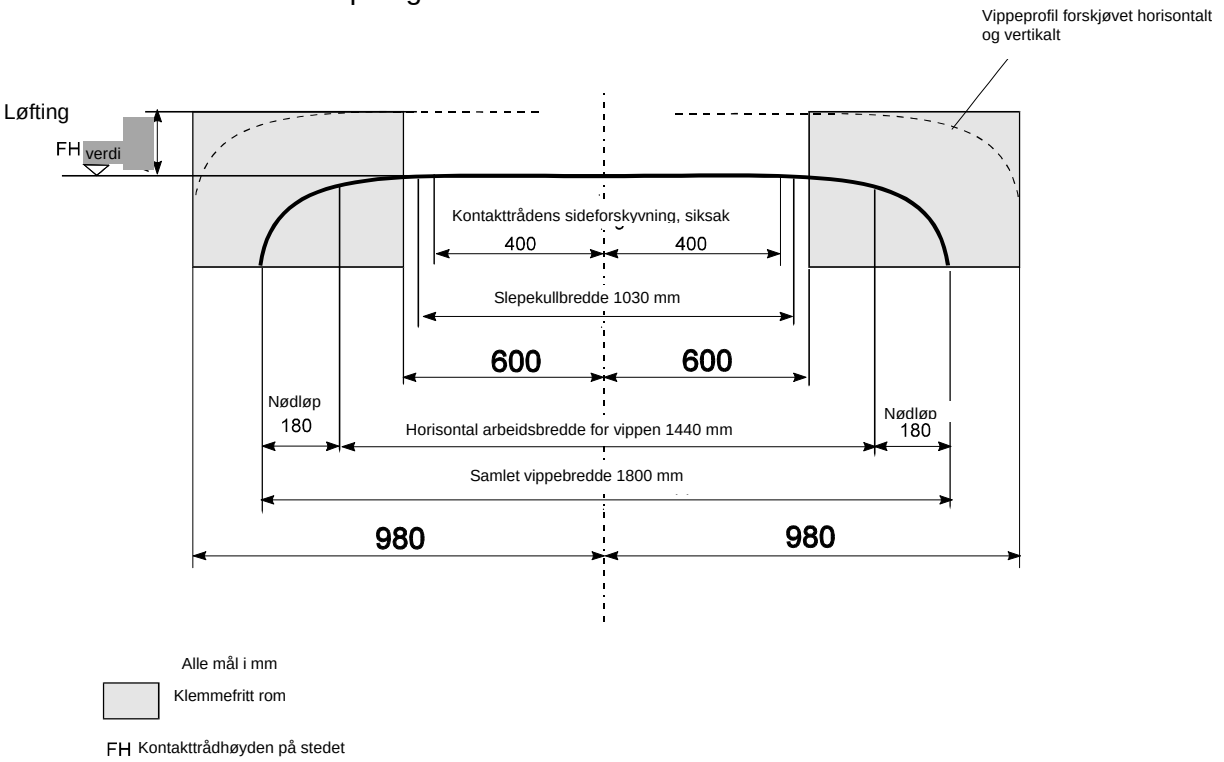
- vekselens geometri og -plassering,
- klemmefritt rom,
- kryssende eller tangensiell ledningsføring,
- fritt profil for strømavtaker og også bredde på slepekull,
- b - mål, siksak, ved utliggerne,
- strekk i kontakttråd F_F,
- strekk i bæreline F_T,

4.1.5.2 Klemmefritt rom

I det klemmefrie rommet er det ikke tillatt å montere følgende komponenter:

- mateklemmer, E-pressklemmer,
- kontakttrådklemmer,
- hengeklemmer (bortsett fra vekselhengerklemme),
- isolatorer, også når denne svinger ut pga. vind,
- kilklemmer og
- strømforbindere.

Det klemmefrie rommet sikrer at strømavtakeren kan løpe avbruddsfritt. Når man tar hensyn til den dynamiske hevingen av kontaktledningen og togets sidebevegelser under fart, er det klemmefrie rommet som på figur 5.c.35.



Figur 5.c.35 Klemmefritt rom

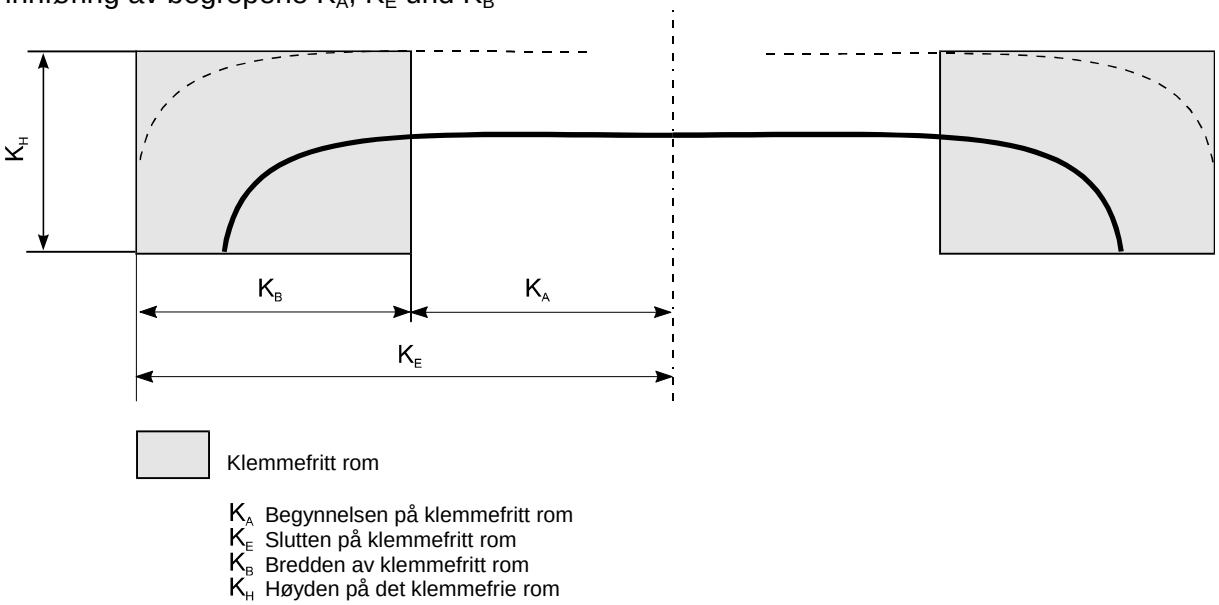
Den dynamiske kontakttrådhevingen er proporsjonal med hastigheten. Hvis statisk trykk fra strømavtakeren er 55 N vil kontakttrådhevingen med en strømavtaker normalt bli

Hastighet v, i km/h	Oppløft A, i cm
v = 160	5
v = 200	8
v = 250	12

Det klemmefrie rommet har sin opprinnelse fra nøyaktige undersøkelse av kontaktledningsfeil i Tyskland i 1942. Ved disse undersøkelsene fant man ut at i vekslingsområdet mellom de to kontaktledningene var klemmene grunnen til skader på kl-anlegget eller strømavtakerne. Pga. økende antall feil slo man i 1942 fast at " krysning av to kontakttråder på faste innspente bæreliner er etter dagens byggemåte en av de svakeste punktene i kontaktledningsanlegget og en feilkilde av 1.rang".
Ved innføringen av en nytt system i 1942 definerte man i Tyskland for første gang et klemmefritt rom som et rom fritt for klemmer på begge sider av spormidt og 550 mm -800 mm fra midten på strømavtakeren. Det klemmefrie rommet er spesielt viktig når man har fast innspente bæreliner. Disse vil henge mye ned ved høye ledningstemperaturer og loddavspente kontakttråder kan bli selvbærende. Hengetrådene avlastes og blir slakke. Dermed vil hengeklemmene legge seg til siden. Når strømavtakeren hevet kontakttråden får man da lett en hekting, spesielt hvis klemmene plasseres uhensiktsmessig. I Tyskland har

man med henvisning til ovennevte grunner, beholdt det klemmefrie rommet selv om bærelinene er loddavspent og strekket er øket til 10 kN.
I tillegg til Norge og Tyskland , benyttes det klemmefrie rommet i Sveits, Østerrike og Russland.

innføring av begrepene K_A, K_E und K_B



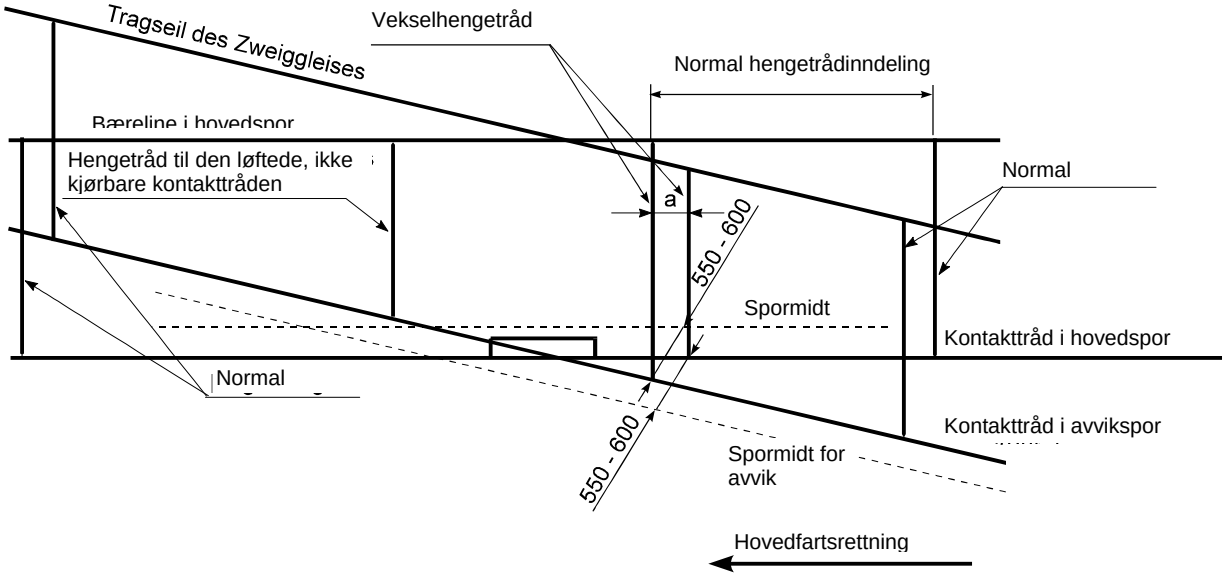
Figur 5.c.36 Klemmefritt rom, forklaring til forkortelser.

4.1.6 Kryssende ledningsføring i veksler

Ved kryssende ledningsføring, i motsetning til ved tangentiell ledningsføring, krysser de to kontaktledningen hverandre i krysningsområdet,. Da får man en definert kontakttrådskifting som er hastighetrsuavhengig. Ved tangentiell ledningsføring er kontakttrådvekslingen avhengig av den dynamiske hevingen til kontakttråden og er dermed hastighetsavhengig. Det er ikke dermed ikke mulig å bestemme nøyaktig hvor kontakttrådskiftet vil skje.

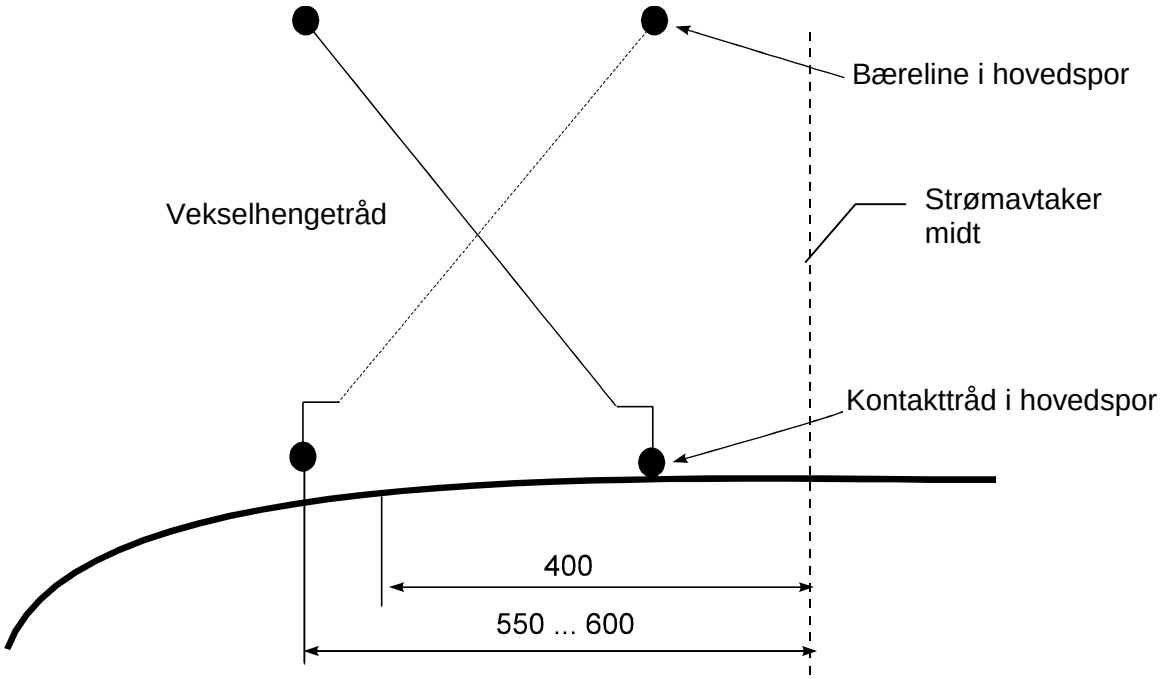
4.1.6.1 Vertikal kontakttrådføring i vekselområdet

En vesentlig forutsetning for en god kontakttrådveksling i vekselområdet er at begge kontakttrådene er på den samme høyden. Ved å bygge inn en vekselhenger vil den dynamiske hevingen på den trafikkerte kontakttråden overføres til den innkommende , men enda utrafikkerte, kontakttråden. Vekselhengeren bygges inn som på figur 29.



Figur 5.c.37 Plassering av vekselhengetråd i sporvekselområder

I vekslingsområdet ligger begge kontakttrådene på den samme siden av strømavtakeren og snittegningen for vekselhengeren bli dermed som på figur 5.c.38. Avstanden a i figur 5.c.37 skal ta hensyn til kontaktledningsvandringen og i tillegg til denne legge inn en sikkerhet på 150 mm.



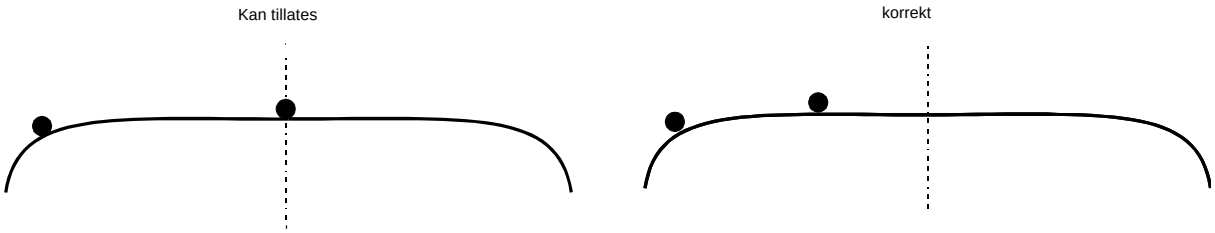
Figur 5.c.38 Vekslehengetrådens avstand fra spormidt

Kontakttråden til den gjennomgående eller det viktigste sporet skal alltid ligge nederst. Ved System 20 og System 25 heves kontakttrådhøyden til hovedsporet med 10 mm i forhold til naboutliggerne fra siste hengetråd før ledningskrysset til første hengetråd etter ledningskrysset. Avviksporets kontakttråd forlegges 20 mm over hovedsporets kontakttråd .

Fra ledningskrysset i retning avspenning skal avvikssporets kontakttråd heves med minst 150 mm til den neste utliggeren. Hevingen skal følge en kvadratisk parabel. På den andre siden av ledningskrysset i retning avviksspor skal avvikssporets kontakttråd forlegges minst 30 mm høyere enn hovedsporets kontakttråd. Denne verdien kan økes med inntil 10 mm , men må ikke bli mindre enn 30 mm. Også her skal hevingen følge en kvadratisk parabel.

4.1.6.2 Horisontal ledningsføring i vekslingsområdet.

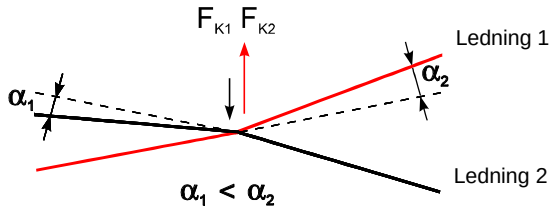
Med vekslingsområdet mener man det området hvor avstanden mellom spormidteaksene er mindre enn 980 mm. I dette området skal kontakttrådene anordnes slik at begge kontakttrådene løper på den samme siden av strømavtakeren. Hvis det er kontaktledningsanlegg med doble kontakttråder skal disse monteres 200 mm fra hverandre for å sikre en jevn strømavtakergange og unngå harde punkter. Da virker vekten fra begge ikke i det samme øyeblikk, men den andre tråden vil løpe inn på strømavtakeren litt tidsforskjøvet etter den første.



Figur 5.c.39 Krav til ledningsføring i vekslingsområdet

4.1.6.3 Retningforandringer i kontaktledningsanlegget i sporvekselområder

Retningsforandringer til kontakttrådene medfører mindre elastisitet i kontaktledningsanlegget og også et strekkrafttap. Utliggeren kan også svinge ut i en ugunstig stilling. Derfor er det om å gjøre å minske retningsforandringen i hovedspor. For strekninger med v_{max} ¤ 100 km/h er det ikke tillatt med større retningsforandring enn max 5° og for strekninger med v_{max} < 100 km/h max tillates 15° retningsforandring. Se figur 5.c.40



Figur 5.c.40 Retningsforandringer

Når man planlegger kontaktledningsanlegg i sporvekselområder er det tillatt med både ulik størrelse og retning på kurvekreftene fra de to kontakttrådene på dobbeltutliggerne. Bare på utliggere hvor kontakttrådene begge er kjørbare må man ha lik elastisitet og dermed også den samme størrelsen til kurvekraften. For å ta vare på en kontinuerlig jamn elastisitet i kontaktledningen skal man unngå utliggere med to samtidig kjørbare kontakttråder.
Det tillates også at $\alpha_1 \neq \alpha_2$ og følgelig også at $F_{K1} \neq F_{K2}$. F_{K1} kan ha motsatt retning av $F_{K2.}$
Det er viktig at begge kontaktledningene følger den samme retningen ved lengdeendringer

pga. temperaturendringer. Da vil utliggerne svinge den samme veien. Hvis dette ikke er mulig , må i det minste utliggerne ikke slå mot hverandre ved temperatursvingninger. Utliggernes vandring bør kontrolleres i sporvekselområder, spesielt når det er flere enn tre utliggere.

4.1.6.4 Forvregning av målestokk

Den planlagte kontakttrådplasseringen kan man finne eller tegne inn på strekningsplanene. For å planlegge nøyaktig i sporvekselområder kan man benytte to metoder. Den gamle metoden baserte seg på at man gikk ut i sporet med en snor og kontrollerte planene. Særlig de kritiske avstander som f.eks. klemmefritt profil eller avstand til nabospor ble kontrollert på byggeplassen. Den nyere metoden benytter en matematisk framstilling av sporgeometrien på billedskjermen. Den strekningsplanen man da får, blir forstørret og blir benyttet til å tegne inn ledningsføringen. Gjennom å forvrenge målestokken har man da de beste forutsetninger til også å tegne inn siksaken. Etter planleggingen kan man føre målestokken tilbake til opprinnelig målestokk og brukes på vanlig strekningplan Som forstørringsfaktor benytter man ofte faktor 10.
Det gir når lengdemålestokk er 1 : 500 en høydemålestokk 1 : 50.

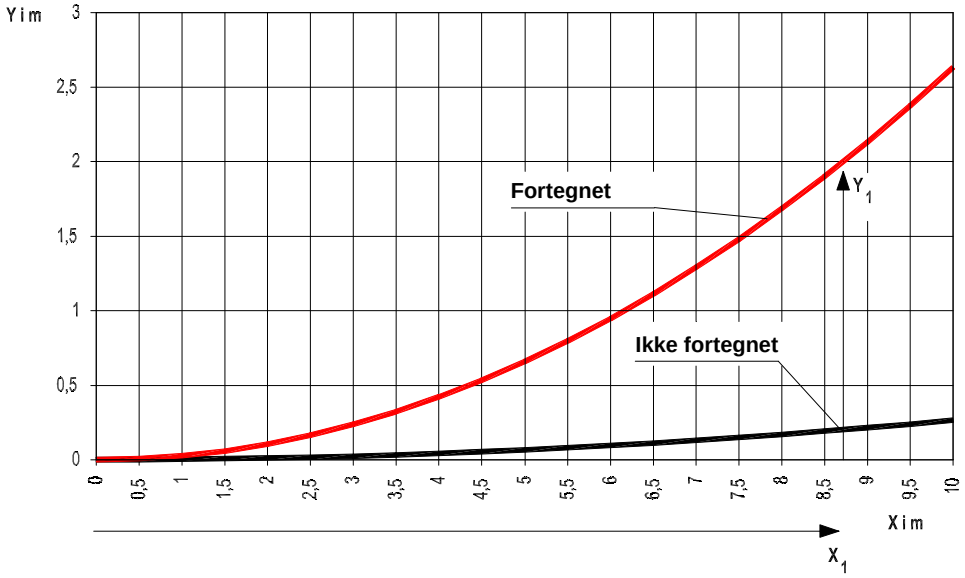
Fordelene med DAK-prosjektering ligger i kostnadsbesparelser pga. mindre tidsforbruk, kortere prosjekteringsperiode og økt kvalitet på det utførte arbeidet. Det kan også gå raskere å endre prosjekteringen. I alle tilfelle må prosjektet ha en størrelse som står i stil med innsatsen. Jo større prosjekt er desto større blir rigiditeten og færre frihetsgrader.

Vanlige metode

Selv om man ikke benytter DAK er det enkelt å endre målestokkene. Det er bare å tegne inn sporplanen i et koordinatsystem. Deretter korrigeres y-koordinaten ved å bruke forstørringsfaktoren og sporplanene er dermed forvrengt. Hvis avviksporet hadde vært en rett linje ville dette fremkomme som en raskere stigning når det benyttes forvrengt målestokk. Stigningforholdet er her avhengig av forstørringsfaktoren x. I kurver benytter man ligning (2) under:

$$y = \frac{x^2}{2 \bullet R}$$ ligning (2)

for å tegne inn disse. Denne y-verdien multipliseres med forstørringsfaktoren.



Figur 5.c.41 Forstørring av radius R=190 m

I overgangsurver og i klotoideveksler må også krumningforholdene beregnes.Y-koordinatene utregnes etter formel (3) under:

$$y = \frac{x^3}{6 \cdot R \cdot L_Ü} \qquad \text{ligning} \quad (3)$$

Forklaring

R Radius til ansluttende kurver
$L_Ü$ Overgangkurvens lengde

På denne forvrengte strekningsplanen kan siksak og masteplassering inntegnes og deretter føres inn på den normale strekningsplanen.

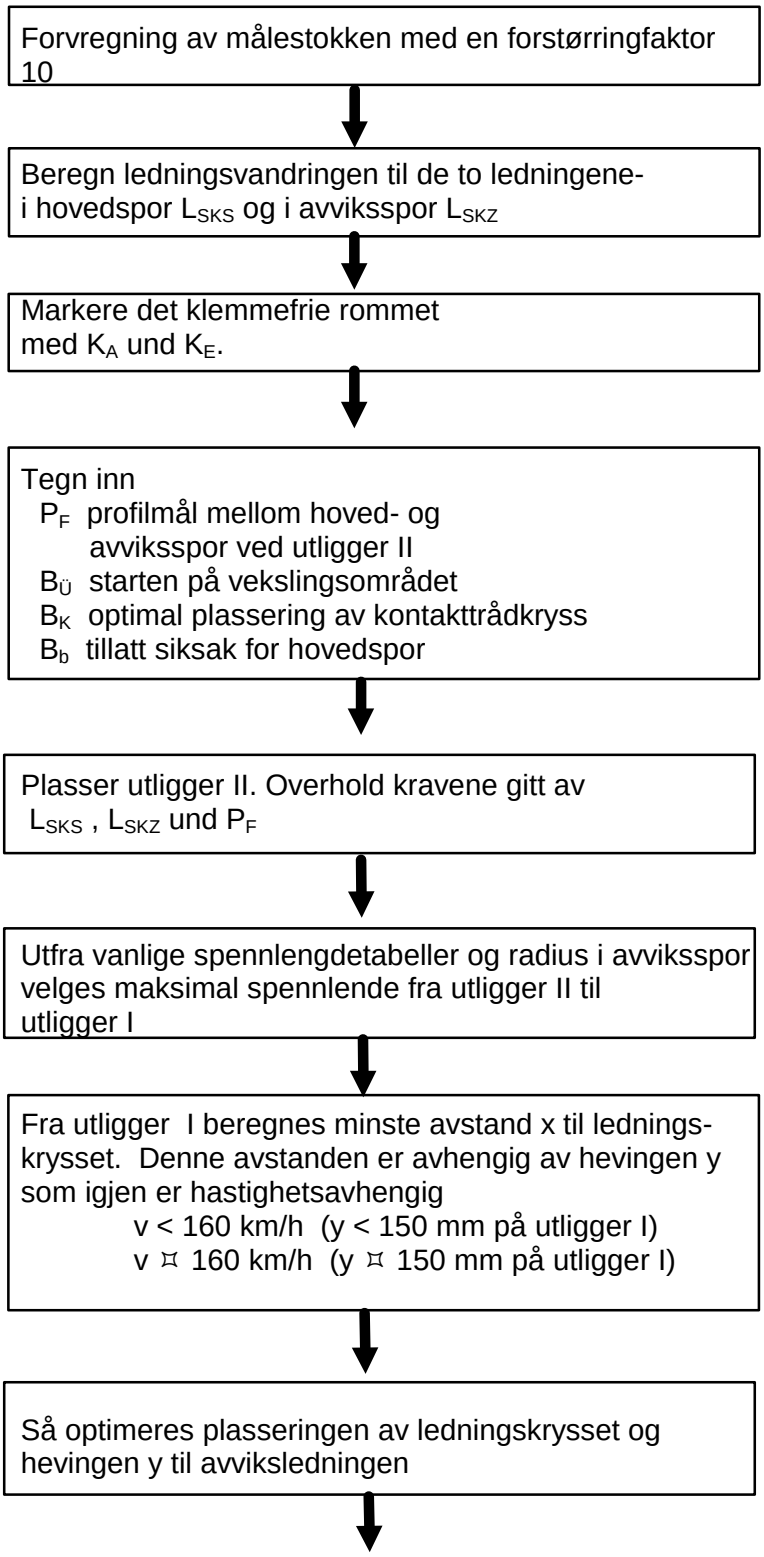
Forvregning ved hjelp av DAK

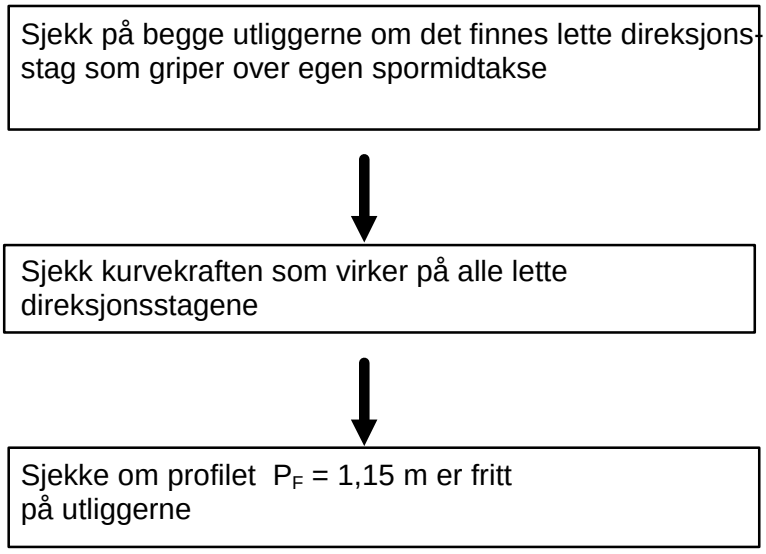
For å få en eksakt matematisk plassering av spor og andre anleggskomponenter, finnes det strekningsplaner på digitalt form hvor alle opplysinger om sporgeometrien er helt nøyaktige. Fra sporplanen eller en koordinatliste kan man lese av alle traséavsnitt, som f.eks. rett linje med lengde L_G , overgangskurver med startradius R_A, sluttradius R_E og lengde $L_Ü$ og også kurver med radius R og lengden L_B.

Koordinatliste utarbeides for å nytte sporets utlegging som grunndata. Nærmest som et løfteskjema med alle koordinater.

4.1.6.5 Prosjekteringforløp for ledningsføring i veksler

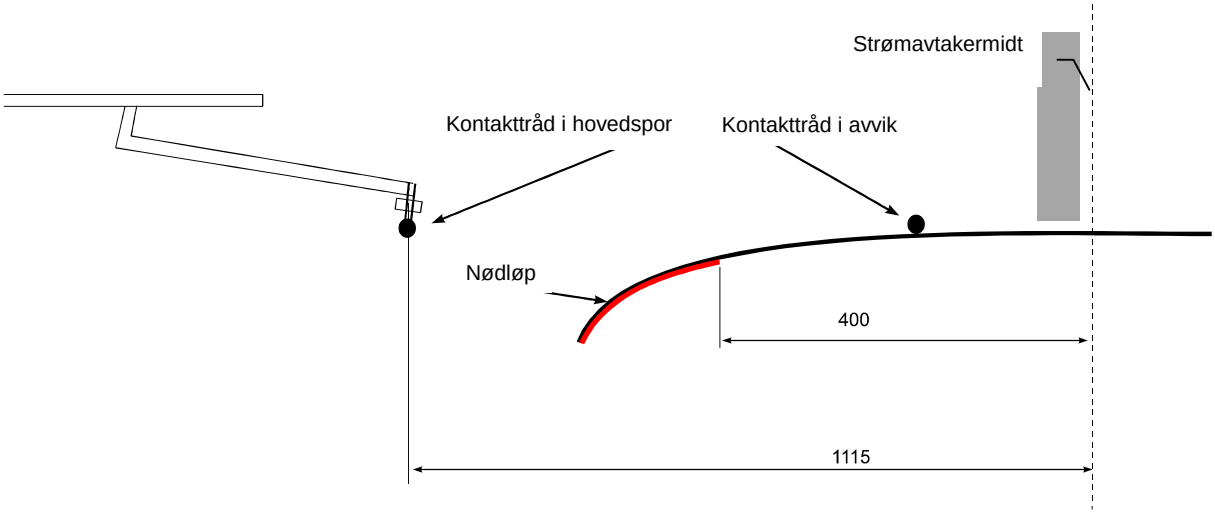
Prosjekteringsforløpet for ledningsføring i veksler følger en logisk rekkefølge på grunnlag av forhåndsbestemte forutsetninger og prioriteter:





4.1.6.6 Beregning av utliggerne ved vekselen

På den forvrengte strekningsplanen er det etter at det klemmefrie rommet er inntegnet, nødvendig å markere fire punkter .
P_F er minsteavstanden mellom kontakttrådklemmene på utligger II. Når strømavtakeren kjører i et av sporene må ikke kontakttrådklemmen for det andre sporet komme i kontakt med strømavtakeren. For å hindre en kontakt er avstanden P_F satt til 1,15 m.

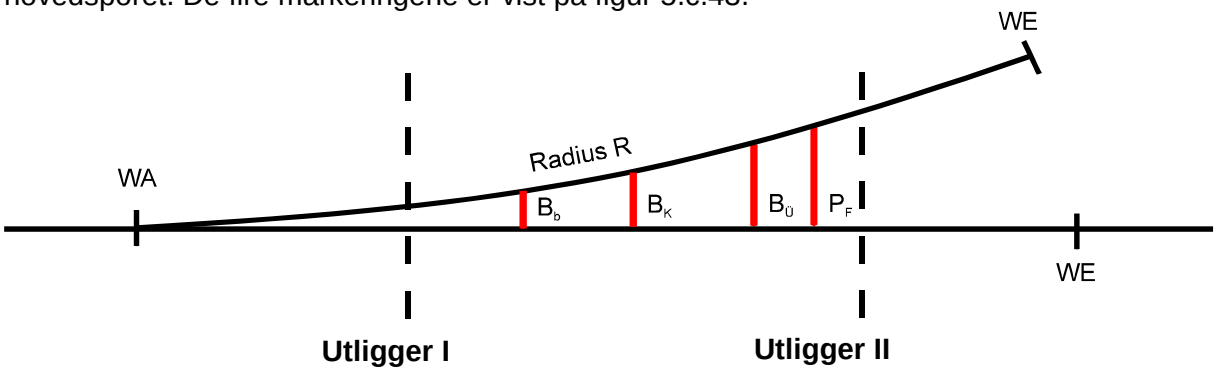


Figur 5.c.42 Avstanden mellom kontakttrådklemme for hovedspor og midten av strømavtaker som passerer i avviksspor

Den andre markeringen er starten på vekslingsområde $B_Ü$. I Norge er $B_Ü$ = 0,98 m og er avstanden midte spor- midte spor. Fra dette punktet (akseavstanden) i retning stokkskinneskjøt er det tillatt å plassere ledningskrysset.
Etterpå markeres sporakseavstanden B_K som er den optimale plasseringen av ledningskrysset. B_k beregnes som summen av b_z=2/3 siksak til avviksspor og b_s= 1/2 siksak til hovedspor, se ligning (4) under:

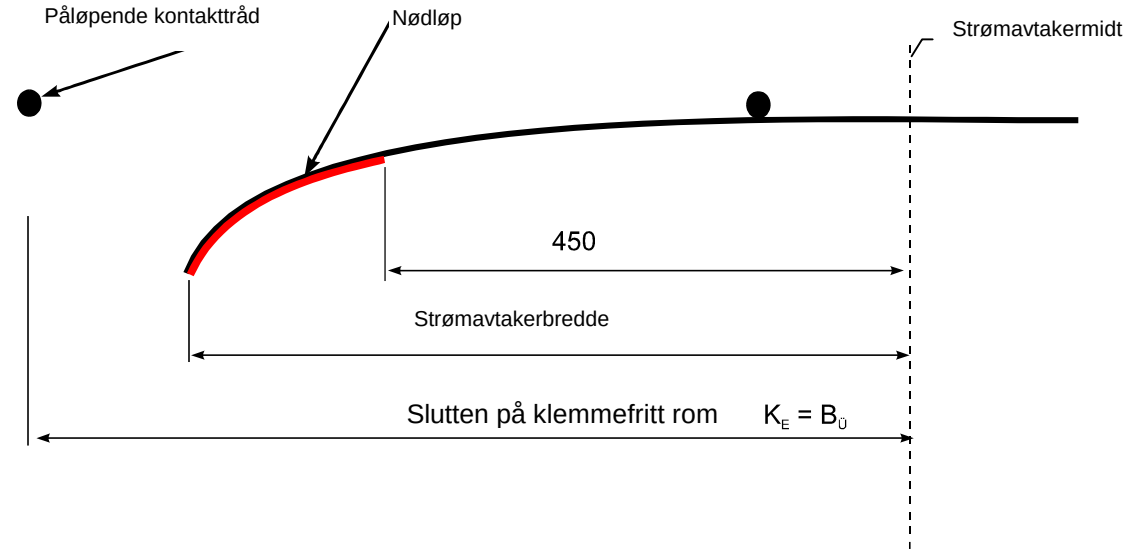
$B_K = 2/3\ b_Z + 1/2\ b_S$ ligning (4)

Til slutt markeres punktet B_b avstanden mellom sporaksene er lik maksimal tillatt siksak for hovedsporet. De fire markeringene er vist på figur 5.c.43.



Figur 5.c.43 Nødvendige markeringer i en veksel

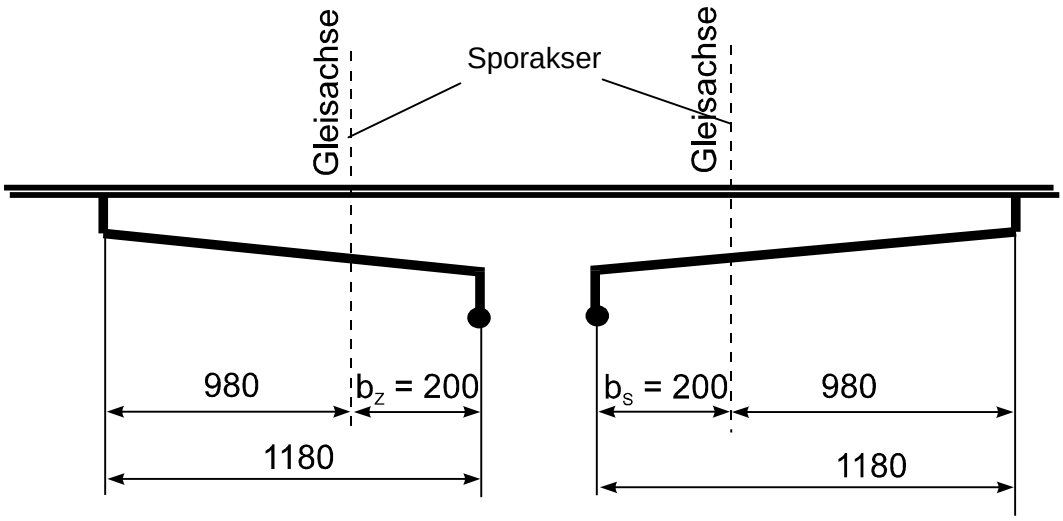
Starten på vekslingsområdet, $B_Ü$, er avhengig av strømavtakerprofilet. Fra dette punktet skal begge kontakttrådene ligge på den samme siden av strømavtakeren, se figur 5.c.44.



Figur 5.c.44 Starten på vekslingsområdet

For å sikre en god veksling av kontakttrådene er det definert at avstanden mellom sporaksene ved starten på vekslingsområdet $B_Ü$ = 0,98 m. Fra starten på vekslingsområdet, $B_ü$, til ledningskrysset, B_K ,skal begge kontakttrådene ligge mellom sporaksene, eller unntaksvis kan en kontakttråd ligge på siksak b = 0.

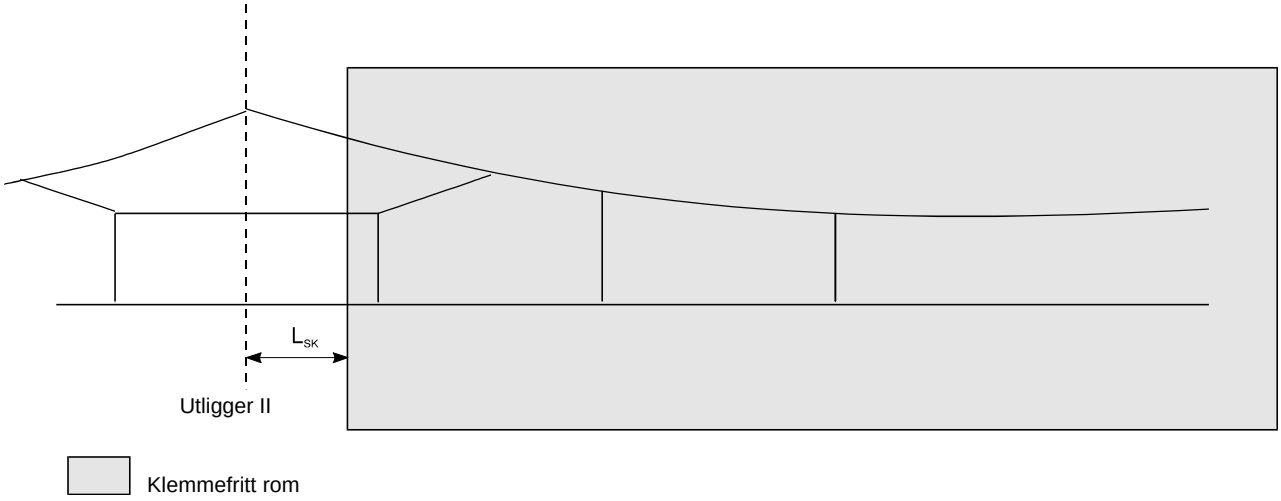
Hvis utligger I monteres mellom B_b og $B_Ü$ så vil de lette direksjonsstagene gripe over sin egen sporakse. Disse lette direksjonsstagene tillates ikke montert inn i fritt profil for strømavtaker og de blir dessuten lengre enn normale lette direksjonsstag, se figur 5.c.45.



Figur 5.c.45 Lette direksjonsstag som griper over egen spormidtakse

I figur 5.c.37 er lengden på det lette direksjonsstaget beregnet utfra en siksak for hovedsporet b_S = 0,2 m og en siksak for avvikssporet b_Z = 0,2 m. Hvis denne utliggeren forskyves i retning $B_ü$ og utligger II, vil siksaken til avvikssporet bli større enn 0,2 m og det lette direksjonsstaget blir enda lengre og må spesiallages i hvert enkelt tilfelle. Lette direksjonsstag som griper over egen spormidtakse er derfor av ovennevte grunner ikke tillatt. Utligger I skal derfor plasseres mellom B_b und WA.

Utligger I er utliggeren som ligger i retning stokkskinneskjøt og utligger to ligger i retning bakkant veksel. Når plasseringen av utliggerne skal bestemmes, begynner man med utligger II. På denne utliggeren er det tillatt at Y-linehengeren monteres inn i det klemmefrie rommet. Når strømavtakeren passerer vil en bevegelse i Y-linen ikke innvirke på Y-linehengerklemmens plassering. Så nærme utliggeren er det ikke noen fare for klemmen, og dermed også kontakttråden, vrir seg. Derfor kan denne klemmen monteres i det klemmefrie rommet. Fra starten på det klemmefrie rommet til utligger II er det vanlig å beregne en sikkerhetsavstand L_{SK} =1 m som tar hensyn til kontakttrådklemmens vandring ved temperaturvariasjoner. Ønskes det en kortere avstand L_{SK} enn 1 m, må den virkelige kontakttrådvandringen utregnes og settes lik L_{SK}. Når L_{SK} er bestemt kan utligger II plasseres, se figur 5.c.46.



Figur 5.c.46 Avstand L_{SK} mellom utligger II og det klemmefrie rommet

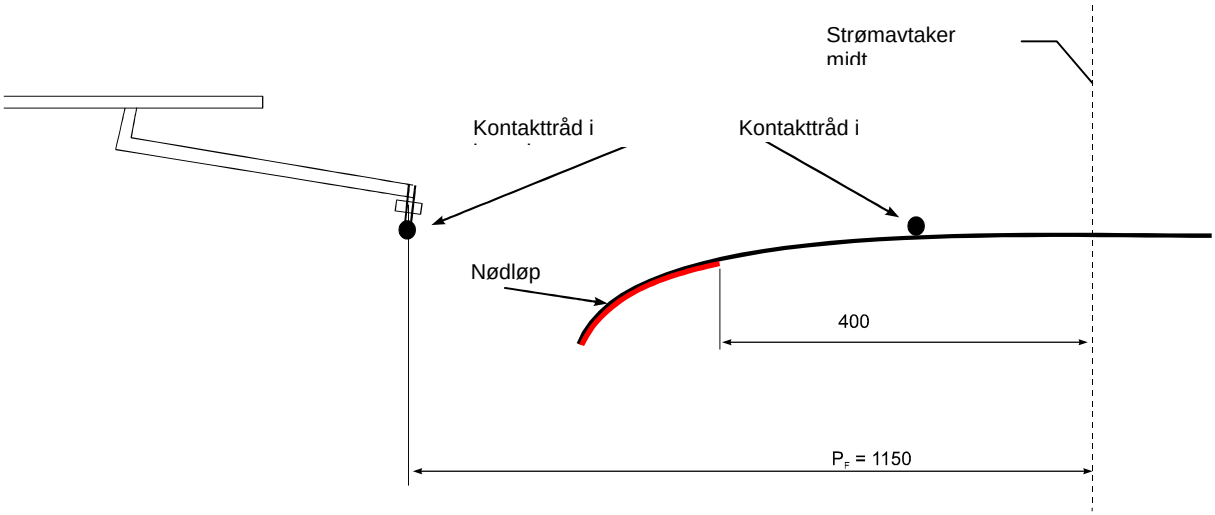
Ved utligger II legges først siksak for avviksspor i 0.

Så følger en kontroll på om det er profilåpning mellom de to pormidtaksene ved utligger II. Profilåpningen er som tidligere nevnt gitt av den halve strømavtakerbredden pluss en sikkerhetsverdi og er for vår strømavtaker

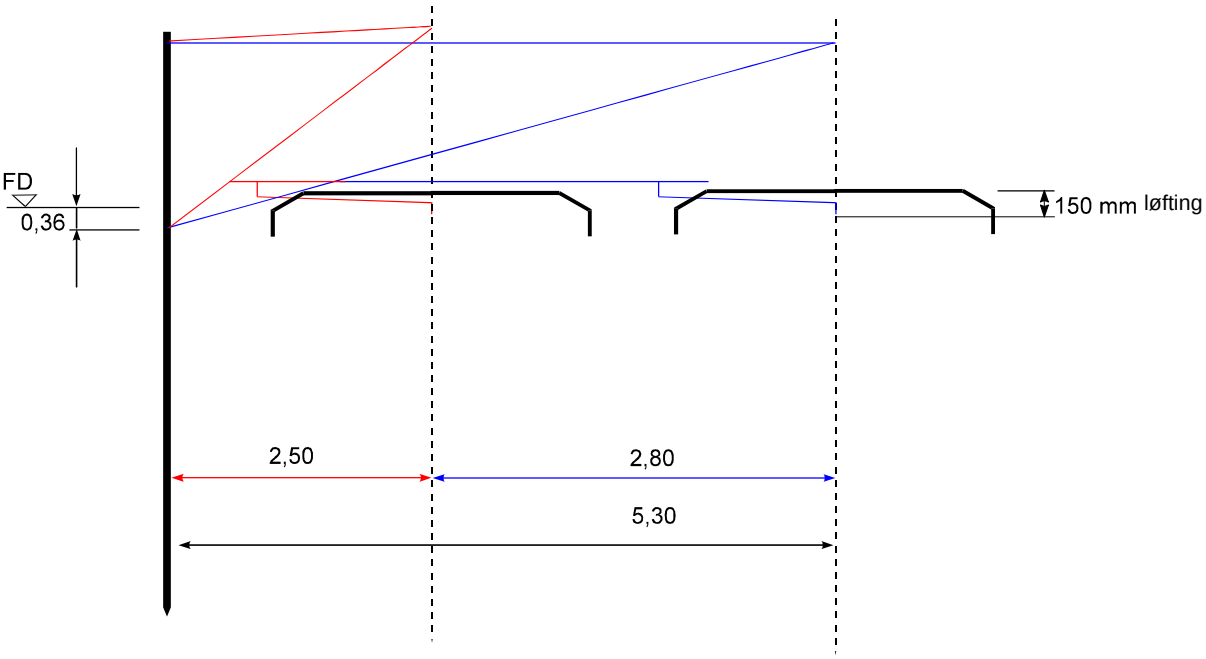
P_F =1150 mm

På utligger II skal det kontrolleres at profilet P_F = 1150 mm får plass mellom kontakttrådklemme for hovedspor og spormidtakse får avviksspor og omvendt at P_F = 1150 mm får plass mellom kontakttrådklemme for avviksspor og spormidt hovedspor. Gjennom denne kontrollen hindres en kollisjon mellom strømavtakeren og kontakttrådklemmene på utligger II.

Når man plasserer masten for utligger II er det et begrenset område man har å spille på. De skraverte grensene på figur 5.c.47 medfører krav til minimale avstand mellom masteforkant til spormidte (MVK - mål), fritt profil for strømavtaker, utliggerberegninger og den minimale avstanden mellom utliggerne til det klemmefrie rommet L_{SK}. Det er viktig å merke seg sammenhengen mellom lengden til avviksporets utligger og fritt profil for strømavtaker mellom hovedpor og trykkstaget til avvikssporet. Dette medfører at MVK-målet til hovedsporet begrenser lengden til utliggeren i avvikssporet. Situasjonen hvor MVK-målet er minimalt er vist i figur 5.c.48 :

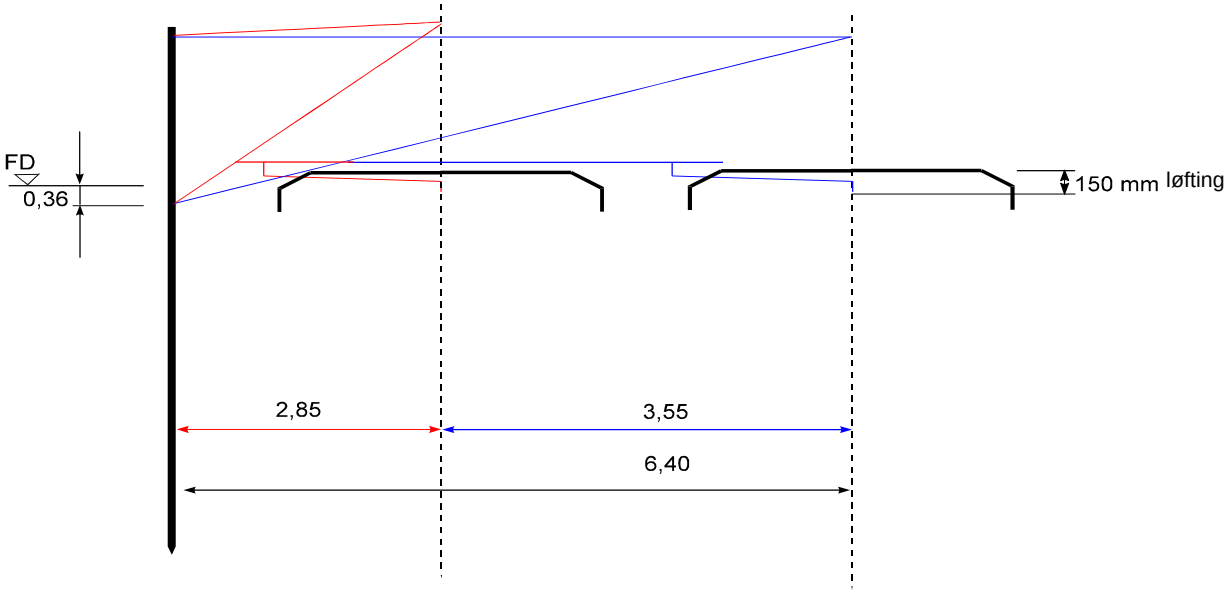


Figur 5.c.47 Lett direksjonsstag utligger II i hovedpor og avstanden til strømavtakervippen som løper i avviksspor



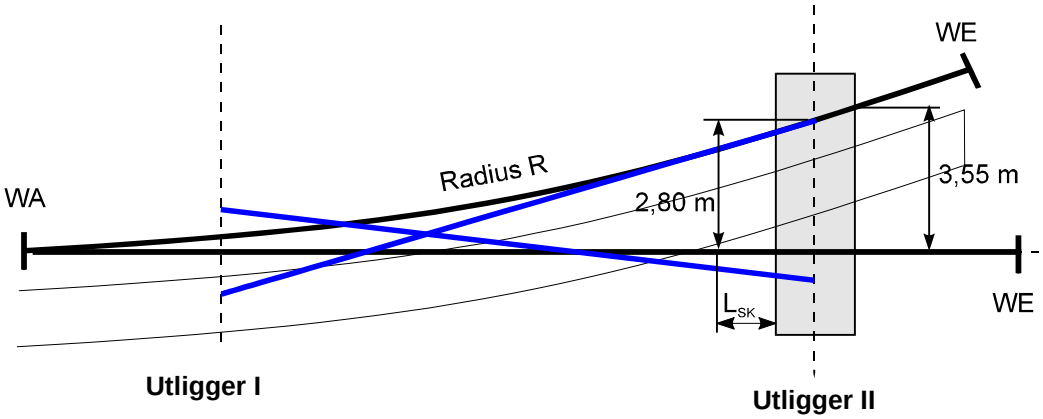
Figur 5.c.48 Masteavstand til hoved- og avviksspor Minimalt MVK-mål

På figur 5.c.49 vises den maksimale utliggerlengde for avvikssporet ved maksimalt MVK-mål.
På utligger II er det fornuftig kun å benytte en S25-utliggere, selv om resten av anlegget er S20. S25-utliggerne tåler høyere mekaniske belastmninger og er derfor spesielt egnet til å benyttes i slanke veksler for høye hastigheter.
Også for S35 er det fornuftig å gjennomføre ovennevte kontroller. I alle tilfeller må man kontrollere fritt profil mellom utligger i avvikspor og strømavtaker i hovedspor.



Figur 5.c.49 Masteavstand til hoved- og avviksspor
Maksimalt MVK-mål

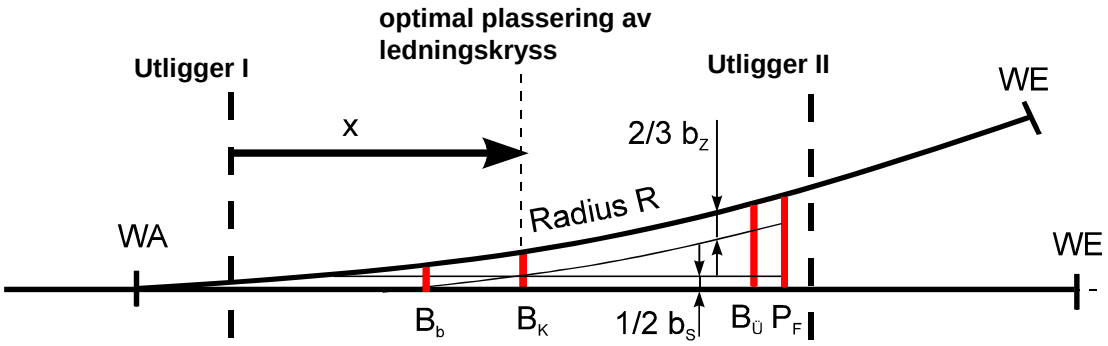
Når man tar hensyn til målet L_{SK} og den maksimalt realiserbare utliggerlengden har man fått grensene for området hvor masten til utligger II kan plasseres, se figur 5.c.50.



Figur 5.c.50 Område for masteplassering langsetter sporet

Neste punkt er å beregne plassering for utligger I. Man velger maksimal spennlengde fra utligger II til utligger I etter vedlegg 14 hvor spennlengden velges i.h.t radius i avviksspor. Spennlengden skal ikke overstige 65 m. Da kan det inntreffe svingninger i kontaktledningen som er ugunstige i vekslingsområdet.
Spennlengdene i området rundt sporvekselen reduseres slik at det ikke blir en større spennlengdeforskjell mellom nabospennene enn 20 %. Spennlengden avrundes til nærmeste meter.

Plasseringen av ledningskrysset bestemmes nå utfra plasseringen av utligger I. Ved hastigheter v > 160 km/h skal det kun være én kjørbar kontakttråd på denne utliggeren. Den optimale plasseringen av ledningskrysset beregnes ved hjelp av figur 5.c.51 .



Figur 5.c.51 Optimal plassering av kontakttrådkryss

Under forutsetning av at avstanden b_{KS} mellom ledningskryss og spormidtakse hovedspor er

$$b_{KS} = 1/2\ b_S$$

og at avstanden b_{KZ} mellom ledningskryss og spormidtakse for avviksspor er

$$b_{KZ} = 2/3 b_Z$$

kan avstanden mellom spormidtaksene betegnes B_K

$$B_K = b_{KS} + b_{KZ}$$

B_K er den optimale plasseringen av ledningskrysset når spennlengden er maksimal.

De beste dynamiske egenskapene får man når ledningskrysset ligger nærmest mulig spormidt for hovedsporet, fordi vekten av ledningskrysset da vil være nærmest mulig midten på strømavtakeren og denne blir dermed ikke eksentrisk belastet. Dette medfører at spennlengden bør forkortes i sporvekselområder.

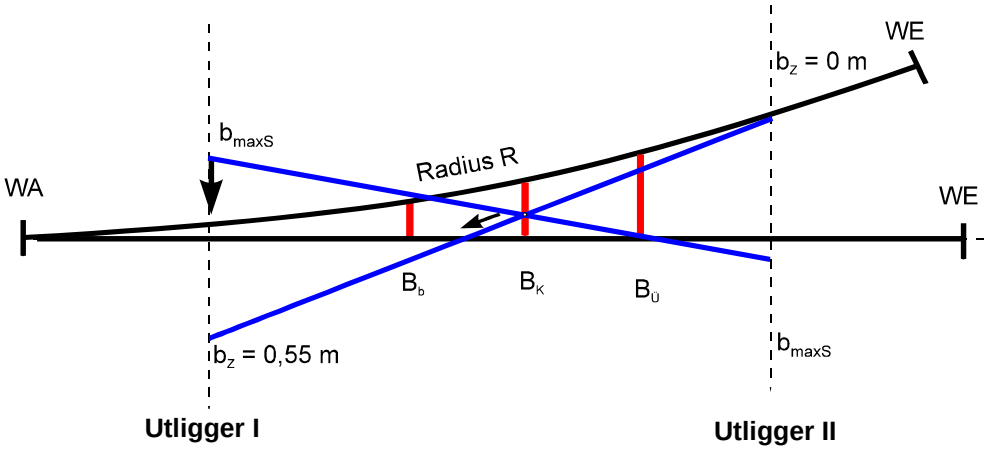
De dynamiske forholdene for strømavtakeren forverres når b_{KZ} und b_{KZ} økes til tillatt siksak. Først legges ledningskrysset til B_K. I hovedpor beregnes en ny plassering til utligger I ved å trekke en rett linje fra utligger II gjennom B_K til b_{maxS} for utligger I, se figur 5.c.52. Hvis b-målet er mindre enn b_{maxS} forskyves ledningskrysset mot stokkskinneskjøten. Avstanden mellom ledningskryss og utligger I blir dermed mindre.

På avvikssporet trekkes en rett linje fra utligger II, hvor b=0, gjennom ledningskrysset og utligger I kan plasseres der hvor b≤ 0,55 m målt ifra avviksporets spormidtakse. Deretter må plasseringen av utligger I for hoved- og avviksspor harmoniseres. Man kan korrigere siksaken b_{maxS} på utligger I og/eller siksaken på utligger II. Til slutt kommer man fram til en plassering av masten til utligger I. Ledningskrysset må ikke komme utenfor tillatt område.
En kontakttråd som er løftet 150 mm ansees som kjørbar. Utligger I for avvikssporet må derfor ha en siksak b ≤ 0,55 m. I tillegg har man kravet til at retningsforandringen $\alpha < 5°$. Disse kravene gjør at denne ledningen ikke kan gå direkte fra utligger I til loddavspenningen. Først når den er hevet 500 mm kan b > 0,55 m og $\alpha > 5°$ og dermed kan ledningen føres til loddavspenningen.

Til slutt foretas følgende kontroller på utligger I

- avvikssporets kontakttråd løftet minst 150 mm,
- siksak korrekt,
- Profilmålet P_F er i orden
- retningsforandring korrekt.

Det må også kontrolleres at vindutblåsningen ikke overstiger den maksimalt tillate utblåsning, e-målet.



Figur 5.c.52 Optimal plassering av ledningskryss

På utligger I skal, ved hastigheter større enn v > 160 km/h, kontakttråden til avvikssporet heves 150 mm over hovedsporets kontaktledning. Avvikssporets kontakttråd ligger 30 mm over hovedsporets kontakttråd i ledningskrysset, og skal derfor løftes 120 mm fra ledningskrysset til utliggeren. Det er derfor viktig å kontrollere at avstanden mellom ledningskrysset og utliggeren er tilstrekkelig til at denne løftingen kan gjennomføres.

Ifølge nedhengsligningen (3)

$$y = \frac{g_F \cdot (2 \cdot x)^2}{8 \cdot F_F} \qquad \text{ligning} \quad (3)$$

hvor

y	løfting fra ledningskryss til utligger I i m
x	avstand mellom ledningskryss og utligger I
F_F	kontakttrådstrekk N
g_F	kontakttrådvekt i N/m

får man følgende kontakttrådhøyde for sporvekseltype EW 60 - 190 - 1 : 9:

kontakttrådhøyde kjørbar utligger FH_V	550 cm
kontakttrådhøyde til avviksledning i ledningskrysset FH_K	553 cm
spennlengde a	45,0 m
Avstand x fra ledningskryss til kontakttrådklemme	9,0 m

Nå kan kontakttrådhøyden til avvikssporet på utligger I:

$$y = \frac{g_F \cdot (2 \cdot x)^2}{8 \cdot F_F} = \frac{8{,}9 \cdot (2 \cdot 9)^2}{8 \cdot 10\,000} = 0{,}036 \text{ m}$$

Ved en avstand på 9 m fra kontakttrådkrysset til utligger I er ledningen til avvikssporet hevet med 36 mm. Dermed anses denne ledningen som fortsatt kjørbar.
Den minste avstanden som behøves for å løfte kontakttråden 150 mm kan man lese ut av følgende tabell.

H_F i [N]	Avstand mellom kontakttrådkryss og utligger I L_{K-I} i [m]	Nødvendig sporvekseltype
10000	16,421 (Ri 100 - 8,9 N/m)	⌑ EW 60 - 1200 - 1 : 27,5
10000	16,500 (Ri 80 - 7,1 N/m)	⌑ EW 60 - 1200 - 1 : 27,5
15000	18,400 (RiS 120 - 10,7 N/m)	⌑ EW 60 - 1200 - 1 : 27,5
27000	24,600 (RiM 120 - 10,7 N/m)	⌑ EW 60 - 1200 - 1 : 27,5

Avstanden x mellom ledningskryss og utligger I er beregnet etter ligning (4):

$$x = 0{,}5 \sqrt{\frac{8 \cdot H_F \cdot y}{q_F}} \qquad \text{ligning} \qquad (4)$$

For verdien y benytter man her 120 mm fordi at ved ledningskrysset er kontakttråden allerede hevet 30 mm over normal kontakttrådhøyde.
Utfra den foregående tabellen kan det bli nødvendig å benytte et kontaktledningsanlegg i avvikssporet som har mindre strekk for å oppfylle kravet til løfting fra ledningkryss til utliggeren. Det er bare tillatt å gå ned en kvalitetsklasse, f.eks. fra S25 til S20. Dette hindrer at svingningsforskjellene mellom kontaktledningene ikke blir for store.

Eksempler på ledningsføringer ligger ved som eget vedlegg.

Som en sammenfatning skal følgende kriterier kontrolleres og overholdes ved ledningsføring i veksler:

- tilpasse strekket H_F til type sporveksel
- klemmefritt rom
- på utliggeren skal bare én kontakttråd være kjørbar
- overholde avstandene b_{KZ} og b_{KS} mellom spormidtaksene og ledningskrysset,
- spennlengdene mellom utliggerne bør være så lange som mulig
- kontaktledningene skal ikke ha en kvalitets forskjell på mere enn én kvalitetsklasse, f.eks. er S25 og S35 tillatt montert sammen, men ikke S25 og S35.

Som en repetisjon gjennomføres følgende øvelser:

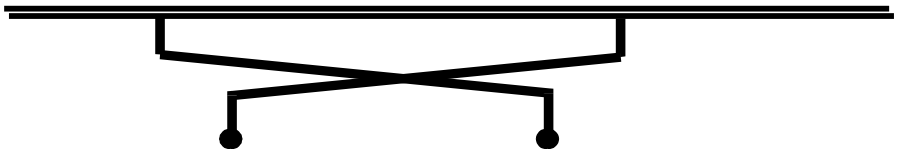
– Ledningsføring i enkeltveksler, EW 60-760-1:18,5,

EW 60-1200-1:18,5
EW 60-4800/2450//∞-fb
EW 60-16000/6100/∞-fb
ABW 60-1200-1:18,5 (R_1=3000 /R_2=2001)

- Ledningsføring i sporsløyfer
- Ledningsføring på stasjonsområder

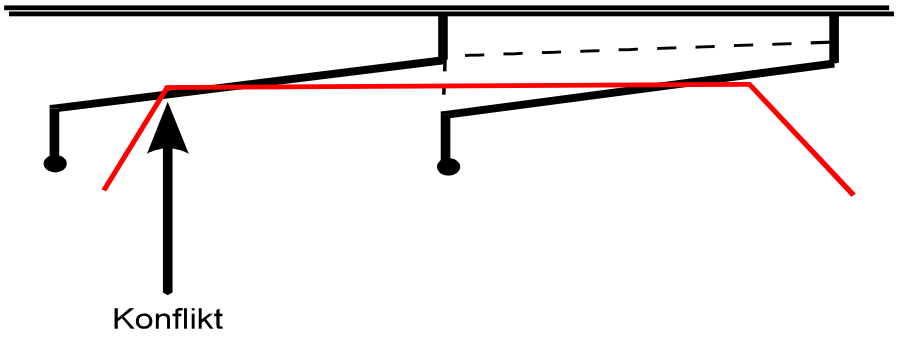
4.1.6.7 Utliggere i sporvekselområder

Vandring pga. temperaturforskjeller skal være i samme retning. Utliggerne må ikke hindre hverandre pga. disse temperaturforskjellene.
Overgripende eller kryssende lette direksjonsstag er forbudt. lange lette direksjonsstag utenom standardlengdene skal unngås se figur 5.c.53.



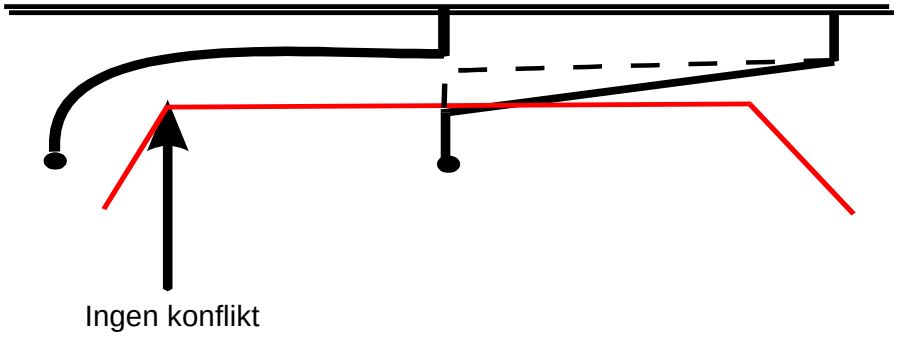
Figur 5.c.53 Overgripende, kryssende, lette direksjonsstag

Når utliggerne arrangeres som på figur 5.c.54 oppstår det en konflikt mellom fritt profil for strømavtaker og det lette direksjonsstaget.



Figur 5.c.54 Montasje av lette direksjonsstag

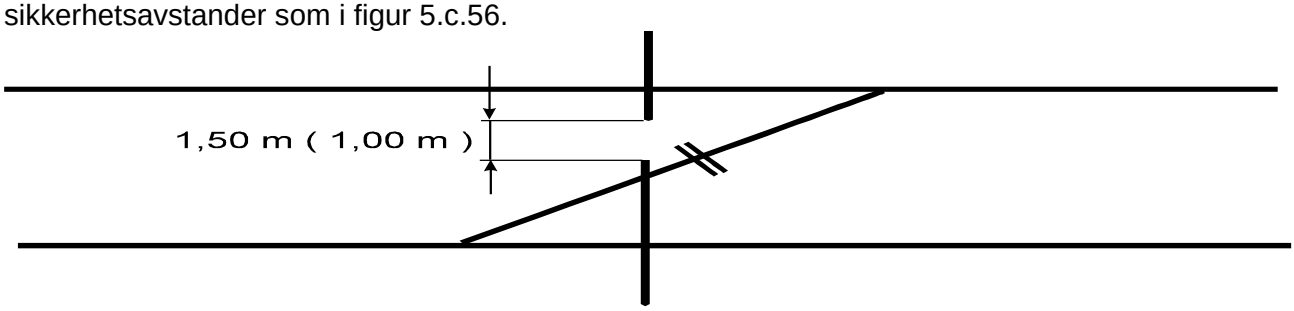
Det er mye gunstigere å montere denne utliggeren etter prinsippet i figur 5.c.55



Figur 5.c.55 Gunstig montasje av lette direksjonsstag

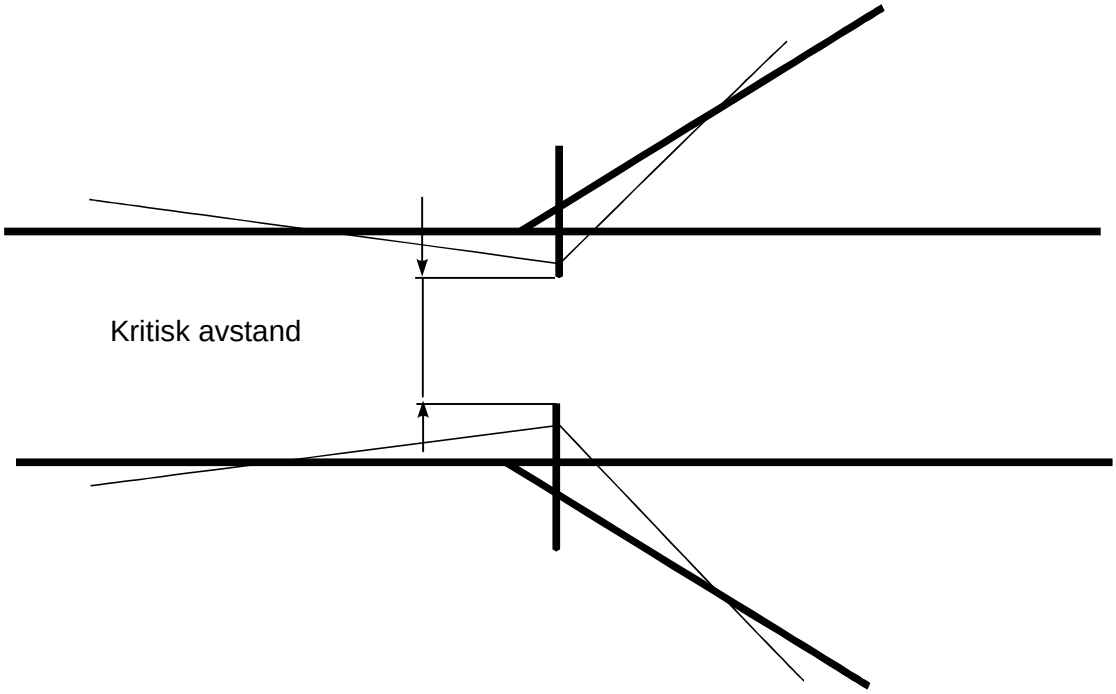
4.2 Sikkerhetsavstander ved arbeider på kl-anlegget i sporvekselområder

Grunnlaget for at montøren skal kunne arbeide sikkert i nærheten av en spenningsførende kontaktledning, ligger ofte i prosjekteringen. I tillegg til at tekniske parametre skal overholdes, finnes det også sikkerhetsbetingelser som skal kontrolleres. Når det arbeides på spenningsløst og jordet ledning i nærheten av spenningsførende ledning skal det bygges inn sikkerhetsavstander som i figur 5.c.56.



Figur 5.c.56 Sikkerhetsavstander i sporvekselområder, parentesen gjelder spesialtilfeller

Ved ledninger som går til avspenning vil de kritiske avstandene være mellom motstående strekkstag. Her skal sikkerhetsavstanden kontrolleres se figur 5.c.57.



Figur 5.c.57 Kritisk avstand mellom strekkstag ved utgående ledninger

4.3 Sporsløyfer

4.3.1 Innledning

Ved kryssende kontaktledninger er det om å gjøre at strekkforskjellen mellom de to kontaktledningene er minst mulige.

Eks. I gjennomgående hovedspor som har System 25 kan det i avviksspor nyttes System 20

For å minske avstanden mellom ledningskryss og utligger I er det mulig å minske avvikssporets ledningsstrekk får å kunne løfte ledningen 150 mm. Fordi ledningskrysset er mekanisk forbundet , men pga. forskjellen i horisontaltrekk vil ledningene svinge ulikt, vil det dannes forskjellige amplituder på de to ledningene i vekslingsområdet. Derfor skal forskjellen i horisontalstrekk mellom de to ledningene være minst mulig. Systemforskjellen skal ikke være større en én klasse.
Ved seksjons- og avspenningsfelt og også ved tangentiell ledningsføring i veksler, er ledningene ikke forbundet mekanisk og i motsetning til ved kryssende ledningsføring, kan man fritt velge forskjellig horisontalstrekk mellom kontaktledningene.

4.3.2 Ledningsføring i sporsløyfer

Ledningsføringen i sposløyfevekslene må ses i sammenheng med de tilstøtende sporene.

- Seksjonsfelt i forbindelse med signaler kan virke inn på ledningsføringen i sporsløyfen. Enkelte steder er det nødvendig å montere tre ledninger gjennom en sporveksel

- sidesporenes kontaktledninger bør ikke føres over hovedsporets kontaktledning. Hvis det inntreffer nedrivninger i disse ledningene blir også hovedsporets ledning skadelidende.

- Sporsløyfen mellom to hovedspor skal kun gå fra det ene sporet over til det andre og skal ikke føres tilbake igjen. Ved en eventuell feilsituasjon er da kun den ene sporsløyfen ute av drift mens den andre fortsatt er kjørbar.

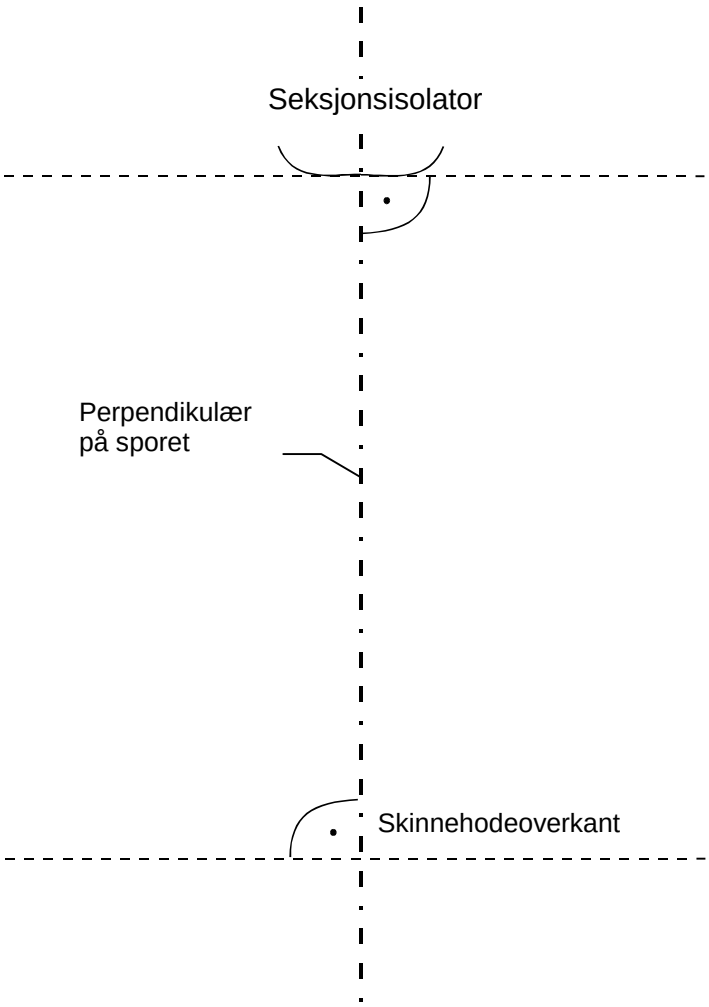
- På nye strekninger må det påses at avstanden mellom sporsløyfene er minst tre spennlengder, dvs ca. 200 m.

- Sporvekslene må tilsvare kontaktledningssystemet. I sporveksler med små radier kan det være vanskelig å overholde kravet til at det bare skal være én kjørbar utligger pr. mast.

- Det er ikke nødvendig at mastene står symmetrisk mot hverandre i områder med sløyfeledninger. Så raskt som mulig etter sporvekselområdet skal mastene igjen plasseres symmetrisk om sporene.

4.3.3 Optimal plassering av seksjonsisolatorer i sporveksler

Når seksjonsisolatoren er plassert i sløyfeledningen skal den belastes symmetrisk. Det oppnås ved å plassere seksjonsisolatoren som vist på figur 5.c.58. Seksjonsisolatoren ligger parallellforskjøvet i forhold til SO og i spormidt til avvikssporet. I overhøyder plasseres seksjonisolatoren i det samme forholdet til SO og spormidt. Da oppnår man en optimal kjøring over seksjonsisolatoren. Hvis isolatoren ikke plasseres på denne måten vil den få ulik slitasje på skinnene og den vil bli satt i en pendelbevegelse som igjen fører til høyere kraftspisser.



Figur 5.c.58 Innbygging av seksjonsisolatorer i sporvekselforbindelser

Seksjonsisolatoren monteres litt høyere enn normal kontakttrådhøyde. Da minskes, i tillegg til den ekstra vekten som er innført, tilleggskraften ved strømavtakerpasseringen. Før plasseringen av seksjonsisolatoren må det påsees at systemhøyden er tilstrekkelig til å montere seksjonsisolatoren (typeavhengig).

4.4 Beregning av høydeendringer

Hvis lysåpningen under et byggverk er mindre enn 7,65 m må ledningsføringen kontrolleres. Isolasjonsavstanden mellom kontaktledninganlegget til bygningsdeler skal minst være 0,30 m.

Er det nødvendig å endre kontaktrådhøyden for å opprettholde isolasjonsavstanden skal prosjekteringen følge etter metoden under:

1. Beregn spennlengder under byggverkene etter vedlegg 18.

2. Beregn høydeendring i feltene på hver side av byggverket med tillatt stigningsforhold 1: (10 x v) . I de påfølgende spennene er maksimalt stigningsforhold 1: (5 x v) helt til siste spenn før normal kontakttrådhøyde hvor stigningsforholdet igjen er 1 : (10 x v). Høydeendringen skal følge en S-form. Disse verdiene føres inn på vedlegg 19.

Følgende eksempel viser fremgangsmåten:

Gitt at:

System S 20 og F_F = 10 kN,
LH = 6,10 m
L = 45 m
x = 14 m
S = 0,30 m
q = 14 N
Δf_L = 0,10 m

I vedlegg 24 er verdiene lagt inn og følgende verdier blir beregnet

FH = 5,20 m, SH = 0,86 m, S = 0,35 m,

Verdiene i vedlegg 24 føres over til vedlegg 23.

I det første feltet etter broen er spennlengde 55 m, maksimal stigning 1 : (10 x 200)= 1 : 2000. Den største mulige høydeendringen ved en kontakttrådhøyde på 5500 cm er da:

5500 cm spennlengde x 1 / 2000 = 2,75 cm

Her velger man en høydeendring på 2 cm (mindre enn 2,75 cm) som gir effektiv stigning på:

5500 cm / 2 cm = 2750, dvs. 1 : 2750.

På denne utliggeren blr da kontakttrådhøyden 5,20 m + 0,02 m = 5,22 m.

På neste felt benyttes samme fremgangsmåte. Stigningsforholdet kan f.eks. velges til 1 : 1500 .

Systemhøyden endres på samme måte som kontakttrådhøyden. Systemhøyden må ikke endres raskere enn 50 cm fra mast til mast.

De forannevnte stigningsverdiene 1: (10 x v) og 1 : (5 x v) er grenseverdier. Det bør planlegges med et flatere høydeendringsforløp.

I områder hvor kontakttrådhøyden og systemhøyden avviker fra normalverdier, føres dette inn på strekningplanene.

Øvelse 4 med følgende parametre:

LH	6.00 m, brobredde 5 m
L	45 m (spennlengde under broen)
spenn til høyre :	55 m, 65 m, 75 m,
spenn til venstre:	50 m, 55 m, 60 m, 65 m, 70 m, 75 m,

x	20,0 m
s	0,30 m
q	1,4 kg/m
Δf_L	0,10 m

Ved planoverganger må det påses at nedhenget ikke hindrer passering av påregnede kjøretøy. Nedhenget variere med spennlengden og kontrolleres opp mot kravene gitt i driftsforskriftene og egne regler.

4.5 Plassering av avspenningsfelt

Avspenningsfelt utføres på samme måte som på fri linje og den maksimale spennlenden er a = 65 m:

Avspenningfeltene kan monteres både på enkeltmaster og på åkmaster.

4.6 Plassering av sekjonsfelt

Masteavstanden i et seksjonsfelt veges fra tegning E-7298, se vedlegg 14.1. Byggingen av sekjsonsfelt er forklart i avsnitt 3.4.

Signalmastene må være plassert før det er mulig å kunne plassere seksjonsfeltene.

Hvis seksjonsfeltet er 3-felts skal dette bygges symmetrisk om innkjørsignalet eller 300 m fra innkjørsignalet.

Hvis seksjonsfeltet er 4- eller 5-felts kan de ikke bygges symmetrisk om innkjørsignalet. Regler for dette er beskrevet i prosjektering av kontaktledningsanlegg JD 540 kap. 6

På dobbeltspor skal seksjonsfeltene plasseres på samme km som seksjonsfeltene i nabosporet.

4.7 Plassering av master

På stasjonsområder er masteplasseringen hovedsakelig bestemt av tvangspunkter. Mastene plasseres først på tegningene og må deretter tas med ut på byggeplassen og godkjennes av representanter til byggherren.

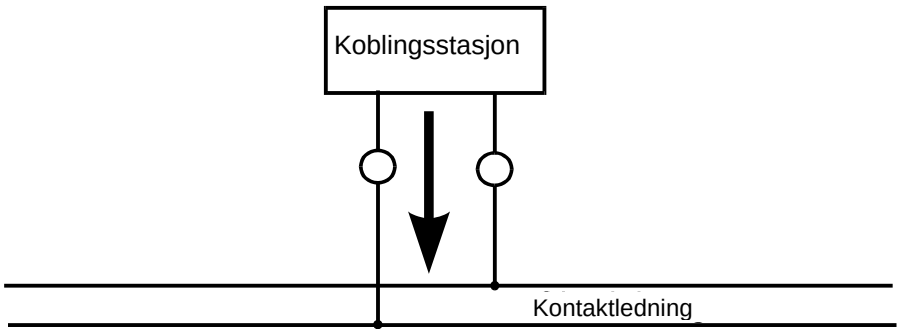
Områdene rundt eventuelle broer krever stor oppmerksomhet og bør prosjekteres først. Andre tvangspunkter kan være planoverganger, gangbroer, og mate- eller forbigangsliner.

4.8 Elektrisk oppdeling

Før prosjekteringen av kontaktledningsanleggene starter, er det viktig å ha oversikt over hvilke spor som er eller skal elektrifiseres og hvordan anlegget skal seksjoneres.
For å utføre seksjoneringen må en ha full oversikt over hvordan stasjonsområdet er tenkt disponert. Et tysk verktøy til å planlegge seksjoneringen finnes i vedlegg.

4.8.1 Innledning

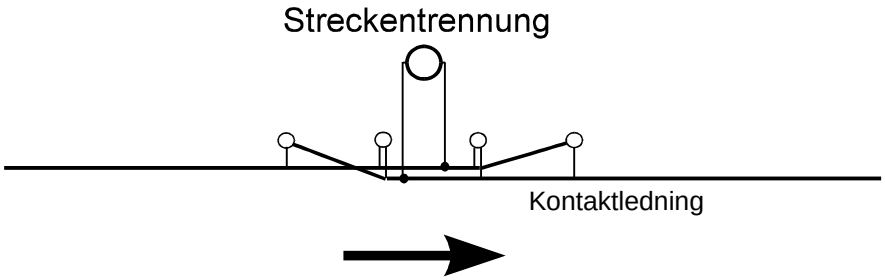
Kontaktledningsanleggene mates fra transformatorstasjoner eller omformerne. Ved omformere er 15 kV bryterarrangementet utført på samme måte som ved transformatorstasjonene for samme spenningsnivå. Matingen fra omformer eller transformatorstasjon gir en direkte og relativt stiv innmating på kontaktledningen i figur 5.c.59.



Figur 5.c.59 Direkte innmating til kontaktledningsanleggene

Sammenkoblingen av de forskjellige seksjonene i kontaktledningsanlegget sørger for en veg til energiflyt i anleggene. Figur 5.c.60 viser en slik forbindelse arrangert med en bryter.

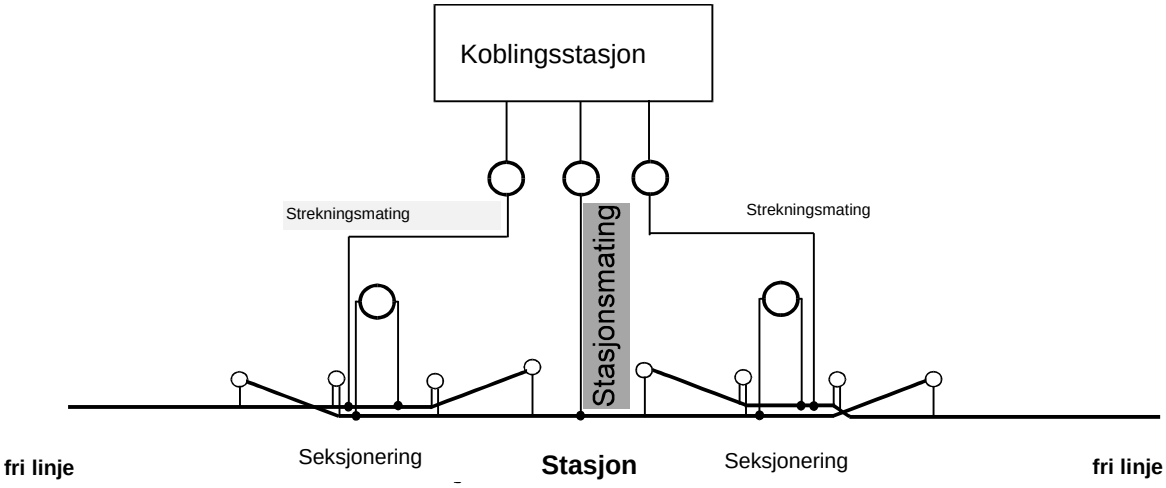
Seksjonering



Figur 5.c.60 Energiflyt langs kontaktledningsanleggene

4.8.2 Mating av kontaktledningsanleggene

På grunnlag av energibehovet langs traseen fremkommer utplasseringen av matepunkter, bryterarrangementer og koblingspunkter. Bak disse vurderingene ligger økonomiske og driftsmessige betraktninger. I den videre planfasen legges det inn en korrektur for detaljer i arrangementene.
Den som planlegger banestrømsforsyningen fastlegger antall matestrekninger på fri linje og på stasjoner. Likeledes bestemmes nødvendige vern og en prøve- og innkoblingsautomatikk fastlegges se figur 5.c.61.



Figur 5.c.61 Strekningsmating med stasjonsarrangement

Hver matestrekning bør helst ikke mates over flere enn to lastbrytere hvor den ene av de hele tiden mater, mens den andre tjener som reserve. Ved mating i parallell fordeler en kortsluttningsstrøm seg slik at en utkobling av seksjon med feil kan forhindres.

Løper et dobbeltspor langs et enkeltspor blir denne strekningen slått sammen til et mateområde.

Derimot deler man parallelle spor på dobbeltspor med separat mating.

Mateledninger bygges av økonomiske grunner så korte som mulig. Fjernledninger og andre tilførsler foretrekkes fremført som line fremfor kabel.

På sterkt belastede strekninger eller over enkelte avsnitt og seksjoner kan det være nødvendig å føre:

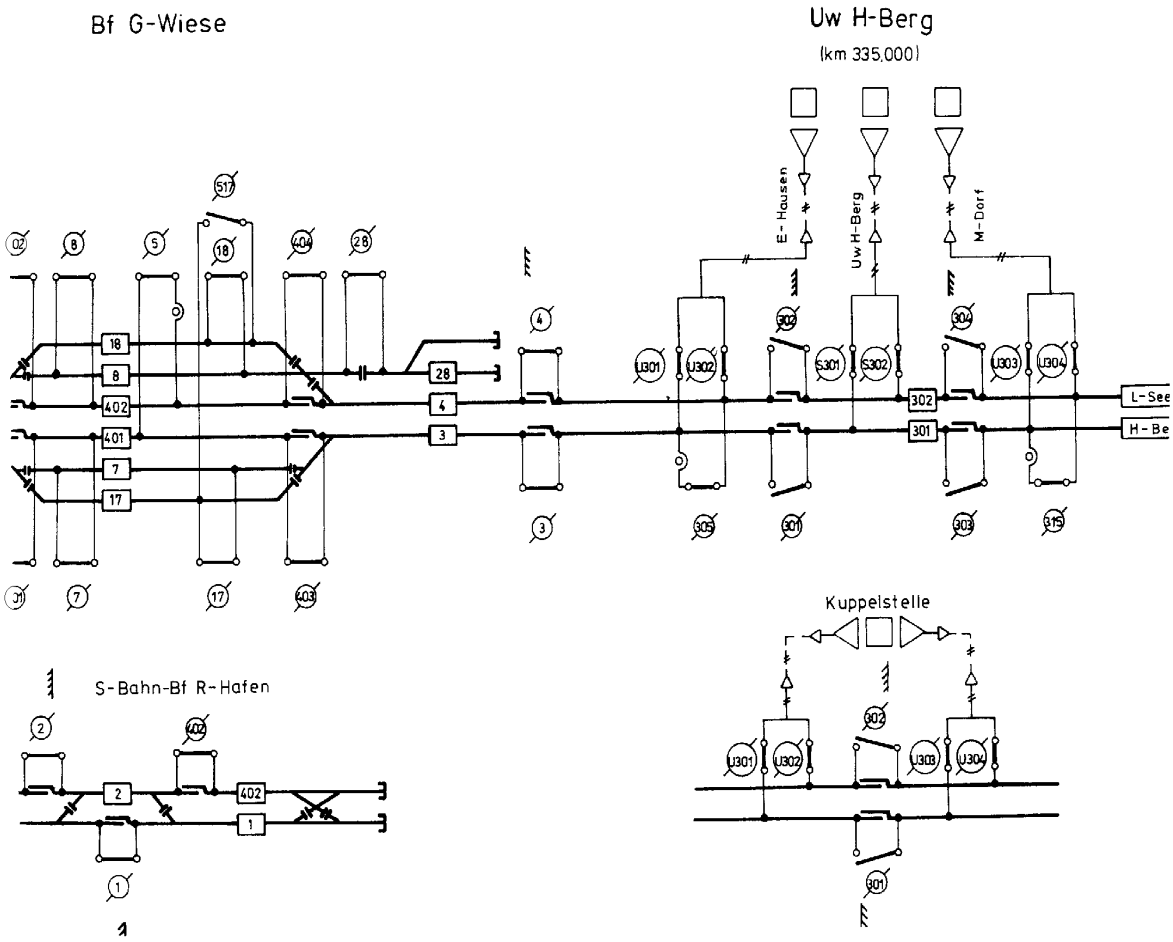
Forsterkningsledning parallelt med kontaktledningen (Vl),
Forbigangsledning (Ug) over stasjonsområder og
tverrforbindende mateledninger (Vg) på samme måte.

Mategrensene forlegges normalt til seksjonsfelter. Dersom de legges mot seksjonsisolatorer skal disse utstyres med gnisthorn.

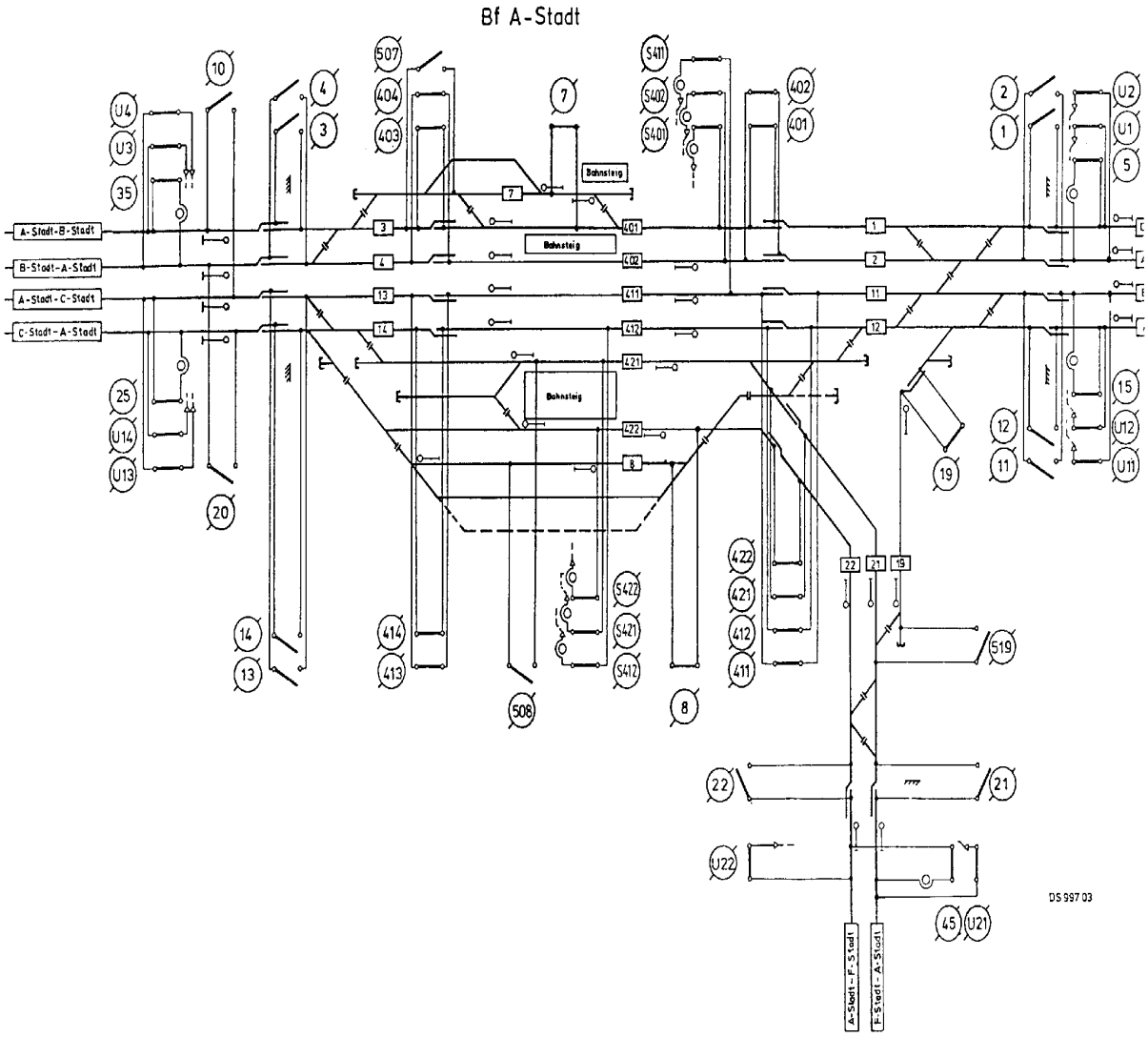
På stasjoner skal det ikke være mategrenseskiller. Hele stasjonen skal mates fra samme kurs.

På grunnlag av matestrekningsinndelingen etter figur 5.c.62 fremkommer koblingsskjema for kontaktledningen i figur 5.c.63.

På større kompliserte stasjonsområder kan det vurderes å nummerere seksjonene.



Figur 5.c.62 Matestrekningsinndeling



Figur 5.c.63 Kontaktledningsseksjonering

4.8.3 Oppdeling av kontaktleningsanlegget

Ved planlegging av oppdelingen av kontaktlednigsanlegget er det, ved siden av de rent økonomiske hensyn, også et sikkerhetsaspekt som skal ivaretas. En plan over sporarrangementet tjener som grunnlag for inndelingen av stasjoner.

Den endelige planen følger av en skjematisk sporplan uten målestokk. Sporveksler og signalplasser må være gitt på denne planen.

Kontaktledningsanlegget skal oppdeles i lengderetningen i seksjoner. Seksjoner dannes av fri linje og stasjoner i hovedprinsipp. Grensene for oppdeling skal legges etter det driftsforholdene tilsier. Derfor utpeker stasjonsgrensene seg som naturlige seksjoneringspunkter mot fri linje. Disse seksjonspunktene må dekkes av signalplassene slik at brenning på ledninger og utilsiktede sammenkoblinger finner sted. De samme hensyn gjelder også for seksjoneringer på fri linje. Altså skal det ikke kunne forekomme tilfeldige sammenkoblinger ved hjelp av strømavtakere.

Signaldekning defineres slik at ingen tog med hevet strømavtaker kan berøre begge ledningene i seksjonsfeltet når signalene følges.

I et mateavsnitt på en stasjon innbefattes samtlige kontaktledningsparter inklusive forsterkningsledninger innenfor mateavsnittgrensene. Den samme definisjon gjelder og så for fri linje. Mate-, forbindelses-, og forbigangsledninger tilhører ikke mateavsnittet, de danner et separat anlegg.

På stasjonsplanene er det merket med symbolet i figur 5.c.64 hvor stasjonen slutter og fri linje begynner. En lignende symbolbruk eller ren tekst kan erstatte dette.

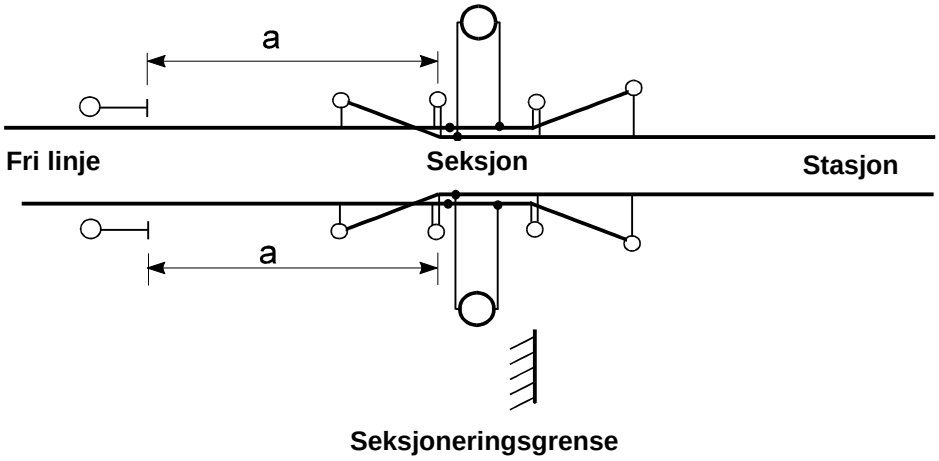
Korte kontaktledningsavsnitt på fri linje mellom beskyttelsesseksjoner og stasjoner defineres ikke som egne mateavsnitt.



Figur 5.c.64 Symbol for den elektriske stasjonsgrense

Seksjonsfelter på dobbeltspor må stå parallelt overfor hverandre.

Trafikkeres strekningen regelmessig med skyvekraft på etterhengt lok så skal avstanden a etter figur 5.c.65 mellom signal og første mast i seksjoneringen som har to utliggere overholdes.

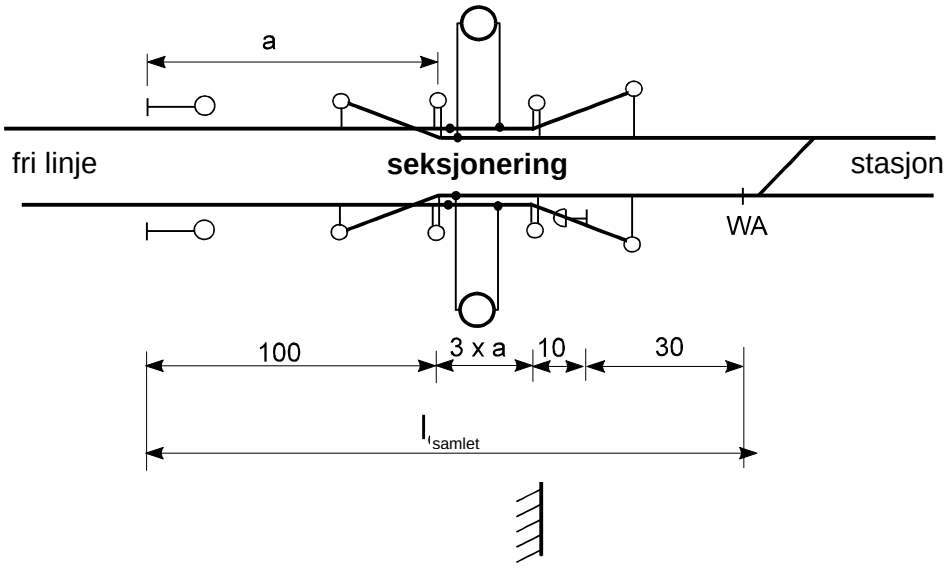


Figur 5.c.65 Avstand a mellom signal og mast med to utliggere i en seksjonering

For a gjelder:	Høyhastighetsbaner	500 m
	Normalavstand	100 m.

Dette skal forhindre at et etterhengt lok eller motorvogn med aktiv strømavtaker ikke blir stående igjen på frilinjelednig, når resten av toget er på stasjonssidens mating, når det får stopp i signal.

For avstanden l_{Gesamt} mellom signal og sporveksel begynnelse i enkle sporveksler gjelder figur 5.c.66.



Figur 5.c.66 Avstand mellom signal, seksjonsfelt og sporveksel

For System 25 med a = 50 m og et 5 - felts seksjonsfelt gjelder

l_{Gesamt} = 290 m.

Avstanden l_{Gesamt} mellom signal og sporveksel begynnelse WA må for et femfelts seksjonsfelt med a = 50 m være minimum 290 m.

Dermed sikrer en seg at en ankommende tog har en slik hastighet ved passering av seksjonsfeltet at det ikke blir en oppvarming over lysbuer og dermed en nedbrenning av kontakttråden.

4.8.3.1 Inndeling av kontaktledningsanlegget i seksjoner

Kontaktlednigsanlegget ved en stasjon skal deles opp i seksjoner for raskere å kunne isolere en feilkilde. Allikevel skal det også taes hensyn til en større tilgang til anleggene ved revisjoner og vedlikeholdsarbeider. Dette for å minimere togdriften i de tilliggende spor. En fornuftig inndeling av anleggene gir en høyere fleksibilitet.

Inndelingen blir kategorisert i

Hovedspor og
Sidespor/ avviksspor

I tillegg kan det ved lange stasjoner være fornuftig å dele de gjennomgående sporene i to eller flere påfølgende seksjoner i samme spor for å øke fleksibiliteten i bruken av stasjonen og forenkle driftsforholdene stasjonsarrangementet krever.

En kontaktledningsbryter forbinder seksjonene med hverandre. Hver bryter skal ha en normalstilling.

En tverrkobling tjener som energiutgjevningsbro for dobbeltspor eller mellom hovedsporene. Dermed forhindrer man potensialforskjeller mellom de ulike seksjonene over seksjonsisolatorer og i hovedsporene. Et slikt arrangement kan også tilrettelegges for fri linje.

Ved matepunktene i mateledningen er det forutsatt nyttet en lastbryter for bedre å håndtere kortslutninger. Likeledes tjener dette tiltaket til å forhindre forskjellige potensialer i mateledningen. Alle lastbrytere er utrustet med kortsluttningsvarsler. Strømtransformatoren bygges inn i mateledningen foran bryteren slik at man muliggjør anvendelse av koblingsgruppen selv om bryteren er belagt med en kortslutning.

Kontaktlednigsbrytere for lastespor skal utrustes med jordkontakt. Bare ved en frigiving av bryternøkkel kan sporet spennigssettes eller videre inndeles. Samtidig må det taes hensyn til nabospor som står under spenning.

Biforbruksanlegg skal være koblet til kontaktledningsanlegget over egen bryter og sikring. Anlegget selv skal inneholde de nødvendige sikringer og overspenningsvern for drift parallelt med og matet av kontaktlednigsanleggene.

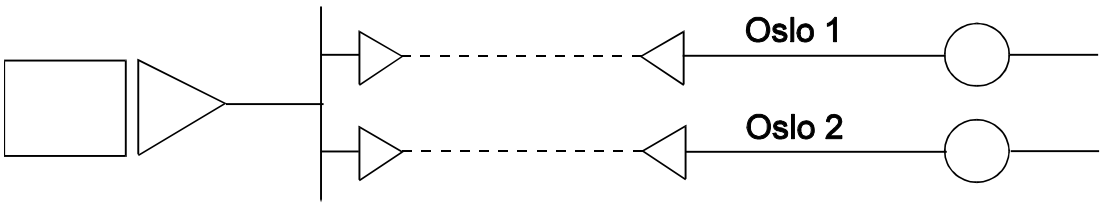
4.8.3.2 Betegnelse på ledninger

Begreper i kontaktledningsanlegg

Koblingsanlegg og deres mateavgreninger,
Mateledning, Forbigangslednig og forbindelsesledninger,
Matestrekninger og deres kontaktlednigsanlegg,
Stasjonsområder og deres seksjoneringer,
Øvrige seksjoneringer,
Biforbruksanlegg,
Bryter

må betegnes entydig på skjemaer og kart.

Mateledninger får navnet til den koblingsgruppen/seksjonen de betjener. Flere mateledninger til samme gruppe får fortløpende nummer.



Figur 5.c.67 Betegnelse på flere mateledninger for en koblingsgruppe/seksjon

Mateledningsavgreninger får nummeret til seksjonsgruppen den betjener i kontaktledningsavsnittet.

Forbigangsledninger får samme betegnelse som det avsnittet/seksjonen det omslutter.

f.eks. Fl 2 Putgarden

Forbindelsesledninger blir betegnet etter den gruppen de er koblet til.

f.eks. Vg Uw Niederwitz - Sp Niederwitz

Forsterkningsledning får ingen egen betegnelse da de alltid er forbundet med kontaktledningen og følger dennes seksjonering.

4.8.3.3 Kontaktledningsbryter

Kontaktledningsbrytere kan betegnes etter følgende oppsett se figurene 5.c.62 og 63.

Bryter 1: Bryter mellom fri linje og stasjon på syd eller vestsiden av stasjonen og ved dobbeltspor for innkjørsporet.

Bryter 2: Bryter på fri linje for dobbeltsporet strekning på syd eller vestsiden kun for utkjørsporet.

Bryter 3: Bryter mellom fri linje og stasjon på nord eller østsiden av stasjonen og ved dobbeltspor for utkjørsporet

Bryter 4: Bryter på fri linje for dobbeltsporet strekning på nord eller østsiden kun for utkjørsporet

Bryter 5: Tverrkoblingsbryter

Bryter 6: Bryter i lastespor, haller, verkstedanlegg

Bryter 7: Gruppebryter på stasjonssiden der underbryterne har ulike nummer

Bryter 8: Gruppebryter på stasjonssiden der underbryterne har like nummer

Bryter 9: Gruppebryter for spesielle anlegg

Bryter 10, 20: Forbindelsesledninger

Bryter 301 og 302: Seksjonsbrytere på fri linje for dødseksjon eller beskyttelsesseksjon.

Bryter 401 - 404 ...: Langsinndelinger i sporene på stasjoner

E 01: Jordingsbryter

W 01: Bryter i forbindelse med sporvekseloppvarming

4.9 Plassering av bryter i master

Innbygging av bryter i mast og føringer av bryterledninger skal være oversiktlige og enkle slik at funksjonaliteten kommer klar frem. Ved driftsforstyrrelser må det også i mørke være mulig å fastslå hurtig og sikkert stillingen på bryterne. Videre må det enkelt og sikkert kunne fastlegges hvor beskyttelsesjord skal tilkobles.

Utplassering av kontaktledningsbrytere skal også velges slik at styrekabler fra styreenhetene blir så korte som mulig. Se eksempel i vedlegg 12.

Bryterstenger og betjeningsmekanismer skal om mulig ikke plasseres på den siden av masten hvor avspenninger er satt inn. Bryterhendler og mekanismer må være lett tilgjengelige. Det er viktig ved planlegging at det stilles tilstrekkelig profil til rådighet i bryterområdene.

4.10 Planlegging av mate- og bryterledninger på stasjoner

Ved planlegging av mate- og bryterledninger på stasjoner skal samme prinsipp som for fri linje nyttes. Det skal fortrinnsvis taes hensyn til:

- vinklingen av ledningene skal ikke være større enn 20°,

- ledninger skal ikke føres over lasteplasser eller ramper,

- dersom de må føres over lasteramper og lastegater må det minimum være 12 meter mellom planet transport finner sted på og laveste pilhøyde for ledningene ved (80 °C).

- som beskyttelsesavstand mellom kontaktledningsanlegg og mate-, bryterledninger skal det ved største nedheng være minimum 2,0 m

- ved spenning på fjernledninger eller mate-og forbigangsledninger må det være mulig å arbeide på kontaktledningen,

Videre gjelder det for sikkerheten mot tilfeldig berøring at:

Ved uoversiktlig høydeforløp med forbigang-, bryter- og mateledninger skal det utarbeides en høydeforløpsplan. Se vedlegg 25 og 26 hvor to eksempler er illustrert.

Ved planlegging av ovenstående ledningsføringer skal det forsøkes unngått at mastene blir påført vertikalt oppstrekk. I det tilfelle kan det være aktuelt å utføre mastene som forankringsmaster og dermed ha en høyere mekanisk styrke. Videre kan det for kontroll ved tvilstilfeller være påkrevet å forlegge ledningene etter diagrammene for -30°C. Blir det da oppdaget oppstrekk må masten dimensjoneres deretter.

Merknad:

Avstander og retningslinjer for fjernledninger følger de nasjonale normene for kraftledninger.

Så kommer:

Ved vind: α = 45° ved en ledertemperatur på 50° C.

Uten vind: ved en ledertemperatur på 70 °C i ro

4.11 Minsteavstand

Minimumsavstandene mellom objekter til kontaktledningsanlegg så som kontaktledningsparter, utliggere, brytere og fritt profil for kontaktledning med tilhørende mate-, bryter-, og forbigangsledninger er avhengige av driftsspenningen. Termiske , dynamiske bevegelser likeledes innflytelse grunnet islast skal også ivaretaes.
Dersom en fjernledning eller en bestanddel av denne festet til kontaktledningsanlegget defineres den som en del av kontaktledningsanlegget. Står den på egne master skal den betraktes som en ordinær kraftledning. Etterfølgende tabell angir de regler og avstander som gjelder for DB Geschäftsbereichs-richtlinie 997 gyldig fra 01.01.1997.
For fjernledninger gjelder DIN VDE 0210.

(Tabellens tekst oversettes ikke.)

Tabelle 1 Minsteavstander til spenningsførende aktive deler i kontaktledningsanleggene ved DB

Nr.	von Objekt	Richtung vom Objekt zu aktiven Teilen der Oberleitungsanlage	Abstand vom Objekt zu aktiven Teilen der Oberleitungsanlage in m	Bezug
1	Standfläche für Elektrofachkräfte, elektrotechnisch unterwiesene Personale und bahntechnisch unterwiesene Personen	nach unten zur Seite nach oben	1,50 1,50 3,50 (DB - Gelände) 2,75 (außerhalb DB-Gelände)	997.0101 S. 10
2	Standfläche für Laien	nach unten zur Seite nach oben	5,00 2,25 3,50	997.0101 S. 10
3	Bahnsteig	nach oben	4,50	997.0101 S. 13
4	Hindernisse vollwandig Gitter (Maschenweite < 30 mm)	alle	0,18 0,60	997.0101 S. 11 Ebs 02.05.19 Bl.2
5	Bauwerke wie Bahnsteigdächer, Überbauten, Tunneln, Gebäude,	alle	0,15 für Re 75 - Re 200 0,22 für Re 250 - Re 330	997.0101 S. 13
6	Signal- oder Beleuchtungsmast, Arbeitsbühnenteile von Signalen, die begehbar sind,	alle	1,50 in der Regel 0,60 bei zwingenden örtlichen Verhältnissen	997.0101 S. 13
7	Schrankenbaum geöffnet	alle	1,00	997.0101 S. 14
8	Konstruktionen, die nicht bestiegen werden, wie Signalflügel, Hindernisse an Aufstiegen	alle	0,60	997.0101 S. 14
9	Fenster von Gebäuden für Elektrofachkräfte, elektrotechnisch unterwiesene Personale und bahntechnisch unterwiesene Personen	zur Seite	2,25 bis Bauteil 3,57 zur Gleismitte	997.0101 S. 14
10	Fenster von Gebäuden für Laien	zur Seite	2,75 bis Bauteil 4,07 bis Gleismitte	997.0101 S. 14 gültig ab 01.01.97
11	Straßenoberfläche an Überwegen	nach oben	5,50	997.0101 Anh. 2 S. 207
12	Kettenwerk anderer Schaltgruppen	alle	1,50	997.0101 S. 10
13	Speiseleitung	nach unten	2,00	-
14	Rückleitungsseil	nach oben zur Seite	0,50 1,25	997.0221 S. 5
15	Schalterquerleitung	alle	2,00	-
15	Kettenwerk - Schalterquerleitung der gleichen Schaltgruppe	alle	0,10	-

Tabelle 2 Minsteavstand til strømførende ledninger og deres armaturer/oppheng.

Nr.	von Objekt	Richtung vom Objekt zur Bahnenergieleitung	Abstand vom Objekt zur unter Spannung stehenden Bahnenergieleitung in m	Bezug
10	Ladestellen	nach oben	12,0	DS 997.0102 Anh. 3 S.301
11	Erdoberfläche begehbar	nach oben	6,0	DIN VDE 0210 S. 31
	nicht begehbarer Steilhang	nach oben	3,0	
13	besteigbare Bäume	nach oben	2,5	DIN VDE 0210 S. 31
		zur Seite	0,50 im ausgeschwungenen Zustand	
14	nicht besteigbare Bäume	nach oben	2,5	DIN VDE 0210 S. 31
		zur Seite	0,50 im ausgeschwungenen Zustand	
15	Gebäude mit:	alle		DIN VDE 0210 S. 32
	Dachneigung > 15°		3,0	
	Dachneigung ≤ 15°		5,0	
	Traglufthallen, Reetdächer		12,0	
	Antenne, Blitzschutz		3,0	
16	Verkehrsanlagen[1]			DIN VDE 0210 S. 33
	Schienenoberkante ohne Oberleitung	nach oben	7,0	
		nach oben	12,5	
	Schienenoberkante mit geplanter Oberleitung	nach oben	7,0	
	Straßenoberkante			
17	Festes Bauteil der Oberleitungsanlage	nach oben	3,00	DIN VDE 0210 S. 33
		zur Seite	3,00	
18	Leitung aller Betriebsspannungen	nach oben	2,0	DIN VDE 0210 S. 34
19	Sportfläche	nach oben	8,0	DIN VDE 0210 S. 35

4.12 Prosjekteringsforløp på stasjoner

Pga. de mange tvangspunktene i stasjonsområdene må hver stasjon bli prosjektert individuelt etter følgende forløp:

- ledningsføring i veksler og sporsløyfer
- beregning av eventuelle kontaktledningshøydeendringer ,
- plassering av master ved planoverganger, høyspentoverføringer og broer,
- kontroller signalplasseringer, bygninger og kabel- og ledningsføringer i
- til slutt prosjekteres kontaktledningsanlegget mellom tvangspunktene.

4.13 Spesielle krav til kontaktledningsanlegg på stasjoner

Kontaktledningen til gjennomgående spor skal være mekanisk adskilt fra kontaktledning til sidespor.

[1] Autobahnen, Bundes-, Landes- und Kreisstraßen, Ortsverbindungs- und häufig befahrene Wirtschaftswege, Obuslinien und Seilbahnanlagen, Schienenwege mit und ohne Oberleitungsanlage, Wasserstraßen

Kontaktledningen til sidesporene bør ikke krysse hovedsporets kontaktledning.

Master på plattformer skal ikke hindre publikumstrafikken eller annen nødvendig trafikk og snørydding. Pga. faren for ulykker, skal det ikke monteres barduner eller bygges loddavspenninger i disse områdene. Er det ikke mulig å unngå loddavspenninger, skal disse beskyttes med stålgitter.

I plattformområdet skal det heller ikke planlegges seksjonsfelt eller seksjonsisolatorer.

Kontaktledning som føres over plattformer skal være jordet.

Mastene må ikke plasseres slik at sikten fra lokfører til signalene blr hindret. I vanskelige områder må dette kontrolleres.

Kontaktledningen over buttsporet føres over butten og avsluttes på neste kontaktledningsmast. Denne masten må plasseres minst 20 m bak butten eller utenom forlengelsen av fritt profil for buttsporet.

Buttsporenes kontaktledning må minst føres fram til punktet hvor skinnene avsluttes.

5 STREKNINGSBEFARING VED OMBYGNINGER AV EKSISTERENDE ANLEGG

5.1 Innmåling av masteplasseringer

Masteplasseringen bør avmerkes før befaringen, f.eks. med en gul markering på skinnesteget. Starten på innmålingen starter gjerne på stasjonens innkjørsveksel. Man må kjenne nøyaktig plassering av stokkskinneskjøten til denne vekselen, fordi denne danner grunnlaget for den videre innmålingen.

Så bestemmes et referansespor med en referanseskinne. I spor med overhøyde velges den ikke løftede skinnen som referanseskinne.

Innmålingen kan starte og masteplasseringen markeres med en strek på skinnelivet sammen med mastenummeret. Viser det seg at det på den siste spennlengden er forskjell mellom tegning og spor , så kan det lages et utligningsfelt som utligner denne forskjellen.

5.2 Innmåling av bruer, byggverk og signaler

Under innmålingen av masteplasseringene er det hensiktsmessig å også måle inn broer, signaler, bygninger og andre viktige installasjoner.

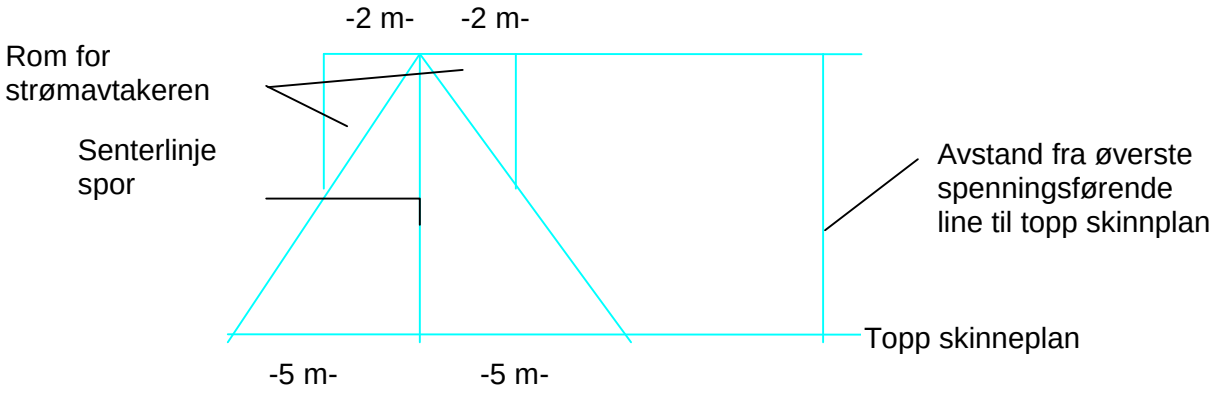
De innmålte objektene tegnes inn på strekningsplanen.

5.3 Strekningsbefaringen

Strekningsbefaringen har som mål å få en endelig plassering av mastene. Deltakere på denne befaringen skal være representanter for både byggherre og prosjekterende. Byggherren bør være representert med fagpersoner fra alle fagene. Hver masteplassering undersøkes og eventuelle kommentarer føres inn i et referat. Kommentarene innarbeides i den videre planleggingen.

Det skal også undersøkes om alle planlagte kontaktledningsanlegg er realiserbar i terrenget.

Kontaktleningens slyngfelt forenklet fremstilt figur 5.c.68.



Figur 5.c.68 Kontaktleningsanleggets slyngfelt , forenklet

Innenfor slyngfeltet skal alle ledende gjenstander jordes til skinnen.
Etter strekningsbefaringen utarbeides det en protokoll eller et referat. Denne protokollen skal godkjennes av byggheren fordi den danner grunnlaget for det videre arbeidet med prosjektplanene.

5.4 Tverrprofiler

Etter strekningbefaringen er masteplasseringen fastlagt. Nå kan det utarbeides tverrprofiltegninger. Disse er enklest å tegne med et DAK-system i målestokk 1 : 100. Se vedlegg 3.

5.5 Grunnundersøkelser

På grunnlag av rapport fra grunnundersøkelser velges fundamenttype og nedgravningsdybde.
Dersom det ikke forefinnes noen grunnundersøkelse skal det uføres enkel grunnforholdskontroll med rammsonde. Hvor antall slag pr. nedtrengt måleenhet bestemmer fundamenttypene. Ved avspenningsmaster og forankringsmaster gjøres ekstra målinger.

6 SLUTTPROSJEKTERING SYSTEM 20

6.1 Kontaktledningstabeller

Etter strekningsbefaringen kan man nå korrigere plasseringen til strømbruer, strømstiger, fixpunkter og avspenninger.
Ekstra avspenninger tegnes inn om det er behov.
For å holde oversikten er kan de forskjellige ledningspartene inntegnes med forskjellige farger.
Tegn inn avspenningstype , fast eller lodd.
Tegn inn plassering av seksjonsisolatorer og alle isolatorene i kontaktledningen.

Resultatet føres inn i en kontaktledningstabell figur 5.c.69.

Ledningspart nr.	Avspent i mast nr.	Km eller profil nr.	Fix i mast / på km eller profil nr.	Avspen i mast nr.	Km eller profil nr.	Lengde til venstre for fix i m	Lengde til høyre for fix i m	Lende totalt i m
1	1234	34,456	1240/ 35,004	1249	35,489	548	485	1033

Figur 5.c.69 Eksempel på en kontaktledningstabell

Tabellen under beskriver føringen av øvrige liner i nettet figur 5.c.70.

Ledningsbetegnelse	Fra mast og bardun		Til mast og bardun		Spennlengde	Nødvendig lengde	Tillegg	Bestilt lengde	Materiale	Merknader
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11

Figur 5.c.70 Tabell over kraft- og jordingsledninger

6.2 Plassering av masten på en tverrprofiltegning

Etter at tverrprofiltegningen er laget kan man også tegne inn masten på denne. Man må ta hensyn til MVK-målet og eventuelle minimale nedgravningsdybde for den valgte masten.

6.3 Beregning av lengde og valg av mastetype

Beregning av mastelengde:

Mastelengde Lerr = FH
+SH
+Ue
+e - mål
+ 2/3 ü
+E

eller

Mastelengde Lerr = FH
+SH
+0,5 m Si
+nedheng returledning ($f_{max\ 60)}$
+Ue
+e - mål
+E
+ 2/3 ü

Forklaring

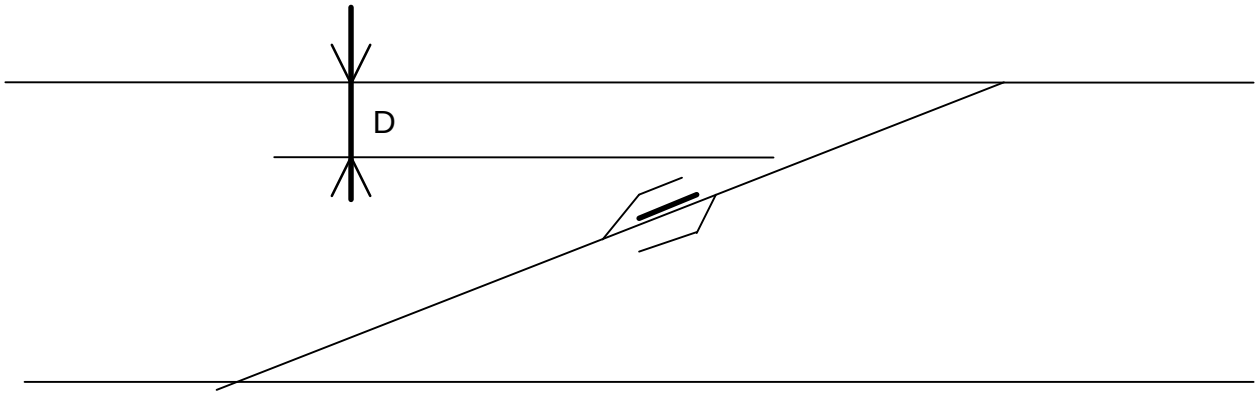
kontakttrådhøyde (FH)	= 5,5 m
systemhøyde(SH)	= 1,6 m (1,3 m for spennlengder < 60 m)
Sikkerhetsavstand (Si)	= o,5 m
Nedheng returledning	= må beregnes
Kopfmaß	= 0,2 m for normalutligger
Ue	= normalt „0“, kontrolleres bare ved signal, avspenning og begrensninger i profilet
e - Maß	= avhenger av tverrprofilet
E - Maß	= avhenger av mastetype
2/3 ü	= avhenger av overhøyde i sporet

Mastetype avhenger av funksjonene den skal fylle. Man skiller på bære-, avspennings- og forankringsmast.

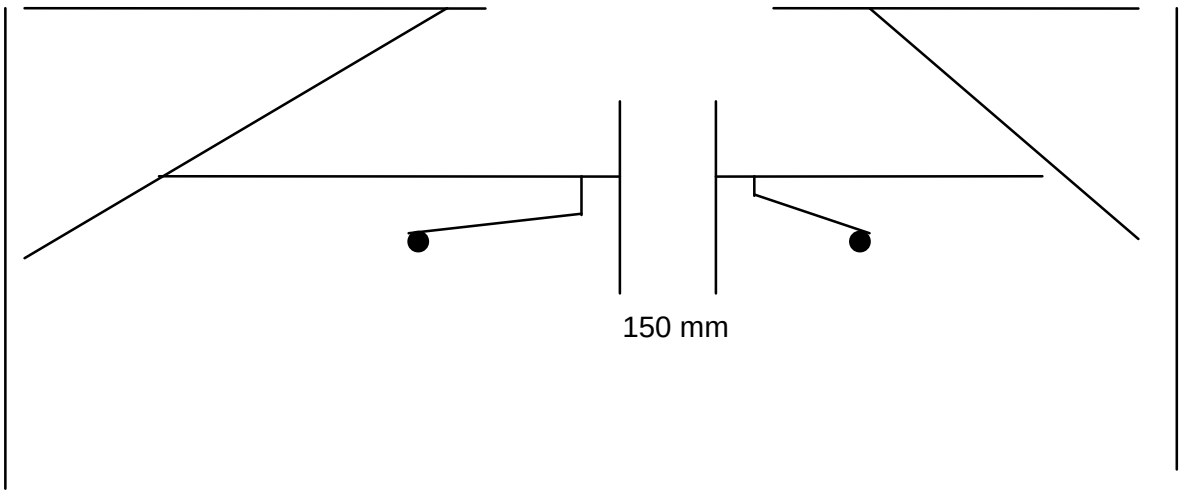
Inntil et MVK -Mål på 3,8 m er målet Sba - Mål 2060 mm og fra og med en verdi på MVK - Målet større enn 3,8 m gjelder Sba-Målet 2440 mm.
Mastelengden avrundes til nærmeste 0,5 m .

6.4 Kontaktledningstegning

På kontaktledningstegningene brukes det bare godkjente symboler. Et eksempel er vist i vedlegg 17. Når seksjonsisolatoren plasseres i en sporsløyfe skal det tas hensyn til avstanden mellom seksjonsisolatorens meier og spormidt til hovedsporet. Denne avstanden D skal minst være like bred som halvparten av bredden til fritt profil for strømavtaker.



Figur 5.c.71 Avstanden mellom sekjonsisolatoren og gjennomgående spor



Figur 5.c.72 Minsteavstand mellom strekkstagene til trykkutliggere

I disse tilfellene må siksaken sjekkes. Forskjellen i overhøyde i spennlengden mellom to master i overgangskurver kan også gi feil ledningsføring om ikke c-målet kontrolleres.

1 cm overhøyde medfører en siksakforskyvning på 0,7 m pr. m. kontakttrådhøyde. Når kontakttrådhøyden er 5,5 m betyr det en forskyvning av siksaken på

5 x 0,7 x 5,5 = 19,25 cm.

6.5 Ledningsføringsplan

Denne består av fortegnet ledningsføring med siksakangivelse og masteangivelse. planen er til stor hjelp ved nedkjøringer i kompliserte ledningsanlegg på større stasjoner og utarbeides bare ved behov for vedlikeholdspersonalet. Imidlertid er det riktig å nytte denne typen tegning for å verifisere maste og utliggertabeller ved overtakelse. Her er det enkelt å se hva som er tenkt og om det er riktig tenkt.

6.6 Høydeendringer

Prosjekterte høydeendringer kontrolleres og avklares deltakerne på strekningsbefaringen, og kommentarer føres inn i detaljplanleggingen.

6.7 Tegningsoversikt

Det skal utarbeides liste over prosjektets dokumentasjon og tegninger og disse skal samles i egen perm eller være på en CD-rom.

6.8 Endringsliste

Det skal være en protokollført endringsliste for prosjektet

6.9 Ferdigstillet plan frigis til bygging

Denne settes opp skriftlig og momentene som skal være med er nevnt over. Begge parter skal undertegne denne i form av et følgebrev til prosjektet.

7 PROSJEKTGJENNOMGANG

Prosjektgjennomgangen skal ivareta to temaer ved en befaring over strekningen / parsellen. Både endringer som er oppstått under prosjekteringen, feilprosjekteringer og mangler ved denne skal rettes og det skal skilles på utrustningsendringer og systemendringer i utførelse.

Endringene skal nummereres fortløpende og protokollføres med løsningsforslag som det enes om.:

Utgangstilstand:
erstattes med:
består av:
inneholder følgende

Det er vesentlig å ha kontroll på alle endringene.

8 REVISJONSPLANER

Alle endringer etter prosjektgjennomgangen markeres med rødt på planene og planene endres etter dette. På byggeplassen er det særs viktig at dette blir entydig utført.

9 SPESIELLE FORHOLD VED PROSJEKTERING AV SYSTEM 25

På fri linje kan man prosjektere System 25 etter de samme retningslinjer som for System 20.
Den vesentlige forskjellen ligger i at spennlengden er maksimalt 65 m, 5-felts seksjons- og vekslingsfelt og større horisontalstrekk på 15 kN.
I tillegg er det:

- som oftest ingen planoverganger,
- ikke tillatt med høydeendringer,
- en systemhøyde i tunnel lik 1,1,
- en systemhøyde på fri linje lik 1,8 m,

På grunn av økt horisontalstrekkraft på 2 x 15 kN må avstanden mellom ledningskrysset og utligger I bli større for System 25 enn for System 20 for å opprettholde kravet til at avviksledningen må heves 150 mm. Det skal bygges 5-felts vekslingsfelt også på stasjonsområder.

Vedlegg er på tysk og **oversettes ikke.**

Anlage 1:	Muster - Gleislageplan zur Oberleitungsprojektierung
Anlage 2:	Muster - Koordinatenliste zur Beschreibung der Gleislage
Anlage 3:	Muster - Querprofil
Anlage 4:	Muster - Signallageplan
Anlage 5:	Bauformen für Signale
Anlage 6:	Muster - Isolierlageplan für einschienige Isolierung
Anlage 7:	Muster - Isolierlageplan für zweischienige Isolierung
Anlage 8:	Muster - Liste der Bahnübergänge
Anlage 9:	Muster - Brückenplan mit Angaben zum Bauwerk
Anlage 10:	Datenübersicht für die Projektierung einer Oberleitungsanlage
Anlage 11.1:	Muster - Schemaplan zur Bespannung der Gleise und Schaltgruppeneinteilung
Anlage 11.2:	Muster-Unterwerkseinspeisung
Anlage 11.3:	Muster-Streckenspeiseplan
Anlage 12:	Muster - Plan zur Angabe des Steuerortes der Ortssteuereinrichtung
Anlage 13.1:	Mastausteilung nach Beispiel 1
Anlage 13.2:	Fahrdrahtseitenlage nach Beispiel 1
Anlage 13.4:	Gleislage für Übung 1
Anlage 13.5:	Mastausteilung für Übung 1
Anlage 13.6:	Fahrdrahtseitenlage für Übung 1
Anlage 14.1:	Tabelle zur Auswahl der Längsspannweiten in Abhängigkeit vom Radius E-7298 bl.1
Anlage 14.2:	Tabelle zur Auswahl der Längsspannweiten in Abhängigkeit vom Radius E-7298 bl.2
Anlage 15:	bleibt frei
Anlage 16:	Symbole für Ober- und Speiseleitungen
Anlage 17:	Muster für Bespannungsplan
Anlage 18:	Formblatt für die Kettenwerksabsenkung
Anlage 19:	Musterplan für Kettenwersabsenkungen
Anlage 20:	Ermittlung der niedrigsten lichten Bauwerkshöhen bei nachgespanntem Tragseil
Anlage 21:	Ermittlung der Durchhänge für Fahrdraht und Tragseil
Anlage 22:	Ausführungsvarianten für Fahrdrahtabsenkungen
Anlage 23:	Musterkettenwerksabsenkung
Anlage 24:	Formblatt für Musterkettenwerksabsenkung
Anlage 25:	Beispiel 1-Speiseleitungshöhenplan
Anlage 26:	Beispiel 2-Speiseleitungshöhenplan
Anlage 27:	Richtlinie zur Erstellung von Schaltgruppenplänen (DS 997 03)
Anlage 28	Übung Weiche 1
Anlage 29	Übung Weiche 2
Anlage 30	Übung Weiche 3
Anlage 31	Übung Weiche 4
Anlage 32	Übung Weiche 5