Sporregler

Rettelsesblade

Det højeste nummer på det sidste udsendte rettelsesblad indskrives:

49	**72**	**75**	**76**	**100**	**Supplement til 6.06 og 6.08**	**111**	**117**	**125**	**127**	**142**	**152**
161 1/10 2006	**165** 1/9 2007	**185** 1/03 2008	**194** 1/02 2009	**231** 1/09 2011	**235** 1/06 2012	**244** 1/06 2013	**248** 1/5 2015	**271** 1/4 2016	**290** 1/5 2017	**294** 1/10 2024	

Rettelsesbladets nummer fremtræder nederst til højre.

0 Indholdsfortegnelse

Afsnit 0 /side 2 og 4 udgår

1 Indledning

1.01 Generelt
1.01.1 Målsætning og gyldighedsområde ……. 1-3
1.01.2 Inddeling og revision …… 1-3
1.01.3 Normbestemmelser …….. 1-3

1.02 Betegnelser og klassifikation
1.02.1 Banebetegnelser …… 3-3
1.02.2# Banens klassifikation …… 3-3
1.02.3 Spor på fri bane …… 3-3
1,02.4 Spor på stationer …… 3-3
1,02,5 Højre og venstre spor …… 3-3

1.03 Symboler, enheder og forkortelser
1.03.1 Symboler …… 5-2
1.03.2 Forkortelser …… 6-2

0 Indholdsfortegnelse

2 Sporets tracé

2.01 Tracering
2.01.0 Anvendelsesbetingelser 1-3
2.01.1 Sporets vandrette tracé 1-3
2.01.2 Sporets lodrette tracé 1-3
2.01.3 Skinnernes indbyrdes højdebeliggenhed 1-3
2.01.4 Kørsel i kurver 1-3

2.02 Cirkelkurver
2.02.1 Formål og anvendelse 3-8
2.02.2 Ønskelige bestemmelser 3-8
2.02.3 Normalbestemmelser 3-8
2.02.4 # Undtagelsesbestemmelser 4-8
2.02.5 Ønskelige bestemmelser for kurvelængde 4-8
2.02.6 # Normalbestemmelser for kurvelængde 4-8
2.02.7 Undtagelsesbestemmelser for kurvelængde 4-8

2.03 Overhøjde
2.03.1 Formål og anvendelse 5-7
2.03.2 Afbalanceret overhøjde 5-7
2.03.3 Ønskelige bestemmelser 5-7
2.03.4 Normalbestemmelser 6-7
2.03.5 # Undtagelsesbestemmelser 6-8
2.03.6 # Normalbestemmelser for overhøjde i sporskifter... 7-7
2.03.7 # Undtagelsesbestemmelser for overhøjde i sporskifter 8-5
2.03.8 # Overhøjde i overkørsler..... 8-5

2.04 Hastighed i kurver
2.04.1 Afbalanceret hastighed 9-5
2.04.2 Ønskelige bestemmelser 9-5
2.04.3 Normalbestemmelser 9-5
2.04.4 Undtagelsesbestemmelser 9-5
2.04.5 # Normalbestemmelser for hastighed i sporskifter .. 9-5
2.04.6 # Undtagelsesbestemmelser for hastighed i sporskifter 10-6

2.05 Overgangskurve
2.05.1 Formål og anvendelse 11-3
2.05.2 Normalbestemmelser 11-3
2.05.3 # Undtagelsesbestemmelser 12-4

2.06 Overhøjderampe
2.06.1 Formål og anvendelse 13-6
2.06.2 # Ønskelige bestemmelser 13-6
2.06.3 Normalbestemmelser 13-6
2.06.4 # Undtagelsesbestemmelser for sammenfaldende overgangskurve og overhøjderampe 13-6
2.06.5 # Undtagelsesbestemmelser for ikke sammenfaldende overgangskurve og overhøjderampe..... 14-5

2.07 Sammenstødende kurver
2.07.1 Definition 15-4
2.07.2 Ensvendte kurver 15-4
2.07.3 # Modvendte kurver 15-4

#) Ændret ved denne revision

Sporregler

0 Indholdsfortegnelse

2.08	**Retlinet sporstykke mellem kurver**	
2.08.1	Anvendelse af retlinet sporstykke ……...	17-6
2.08.2	Ønskelige bestemmelser for retlinet sporstykke mellem kurver …….	17-6
2.08.3	Normalbestemmelser for retlinet sporstykke mellem kurver ……..…	17-6
2.08.4	Undtagelsesbestemmelser for retlinet sporstykke mellem kurver ……....	17-6
2.08.5	Retlinet sporstykke mellem modvendte kurver med små radier ved nyanlæg, fornyelse mm. …….....	17-6
2.08.6	Retlinet sporstykke mellem modvendte kurver med små radier for eksisterende spor …….…….……	18-6
2.08.7	Ønskelige bestemmelser for sporskifter ……	19-4
2.08.8	Normalbestemmelser for sporskifter ……..……..	19-4
2.08.9	Eksisterende sporskifter ……	20-4
2.09	**Transversaler**	
2.09.1	Definition …….	21-5
2.09.2	Transversal mellem rette parallelle spor ……	21-5
2.09.3	Transversal mellem rette ikke parallelle spor …...	22-5
2.09.4	Transversal mellem spor i kurve ……	22-5
2.10	**Længdeprofil**	
2.10.1	Definition ……	23-6
2.10.2	Stigningsforhold ……	23-6
2.10.3	Afrundingskurver ……..	24-7
2.11	**Sporets afmærkning**	
2.11	Sporets afmærkning …….	25-5
2.12	**Sporvidde**	
2.12.1 #	Nominel og projekteret sporvidde……..	31-3
2.12.2 #	Sporudvidelse ……..	31-3

#) Ændret ved denne revision.

0 Indholdsfortegnelse

3 Underbygning

3.01 Alment
3.01 Alment 1-3

3.02 Jordarbejde
3.02 Jordarbejde 1-3

3.03 Afvanding
3.03 Afvanding 1-3

3.04 Tværgående ledninger under banen
3.04 Tværgående ledninger under banen 1-3

3.05 Skinneafstivninger
3.06 Skinneafstivninger 1-3

3.06 Arbejder ved spor i drift
3.06 Arbejder ved spor i drift 1-3

0 Indholdsfortegnelse

0 Indholdsfortegnelse

4 Overbygning

4.01 Definition og sammensætning

4.02 Ballast
4.02.1 Formål og krav
4.02.2 Profiler
4.02.3 Grus …… Forside 1
4.02.4 Singels
4.02.5 Skærver …….…… Forside 1

4.3 Sveller
4.03.1 Formål og krav
4.03.2 Betonsveller
4.03.3 Træsveller
4.03.4 Sporskiftesveller
4.03.5 Oplagring
4.03.6 Transport
4.03.7 Genanvendelse

4.4 Skinner
4.04.1 Formål og krav
4.04.2 Typer
4.04.3 Kvalitet
4.04.4 Længder
4.04.5 Skinnernes behandling
4.04.6 Oplagring
4.04.7 Transport
4.04.8 Genanvendelse

4.5 Skinnebefæstelse
4.05.1 Formål og krav
4.05.2 Typer
4.05.3 Skruer
4.05.4 Underlagsplader
4.05.5 Klemplader (stive)
4.05.6 Elastisk befæstelse
4.05.7 Bolte

4.6 Lasket spor
4.06.1 Alment
4.06.2 Overbygningstyper
4.06.3 Stødkonstruktioner

4.7 Langskinnespor
4.07.1 Alment
4.07.2 Overbygningstyper
4.07.3 Isolerede stød

4.8 Spor uden ballast
4.08.1 Alment …….…… Forside 3-1
4.08.2 Befæstelse på stål
4.08.3 Befæstelse på beton

4.9 Sporskifter
4.09.1 Formål og betegnelser……..... 1-2
4.09.2 Sporskiftetyper……... 1-2
4.09.3 Sporskifter i kurver…… 2-2
9.09.4 I-krumme sporskifter ……. 2-2
4.09.5 U-krumme sporskifter……..... 2-2
4.09.6 Sporskiftekomponenter …… 2-2
4.09.7 Omstilling og aflåsning ……. 3-2
4.09.8 Håndtering…….. 3-2
4.09.9 Genanvendelse…… 3-2

0 Indholdsfortegnelse

4.10 Sporskæringer
4.10. Sporskæringer …… 4-2

4.11 Anvendelseskriterier for overbygningskonstruktioner
4.11.1 Hovedspor og gennemkørselsspor …… 5-3
4.11.2 Øvrige spor …… 5-3
4.11.3 Skinnetyper i sporskifter …….. 6-5
4.11.4 Sporskiftetyper …….. 6-5
4.11.5 Minimumsradius i langskinnespor …….. 6-5
4.11.6 DSB45 skinner, tilladelig hastighed og aksellast 6-5

4.12 Særlige sporkonstruktioner
4.12.1 Skinneudtræk
4.12.2 Beskyttelsesskinner
4.12.3 Spor på gruber og lignende
4.12.4 Spor på færgeklapper

4.13 Spor i vejbelægning
4.13.1 Kontraskinnespor
4.13.2 Rilleskinnespor

4.14 Overkørsler og overgange
4.14.1 Sporkonstruktion
4.14.2 Vejbelægning

4.15 Firmaspor og havnespor
4.15.1 Sporkonstruktioner
4.15.2 Sporskifter

4.16 Sporstoppere
4.16 Sporstoppere 11-1

4.17 Rangerbremser
4.17.1 Bjælkebremser
4.17.2 Spiralbremser

0 Indholdsfortegnelse

Afsnit 0 / side 10 udgår

5 Udførelse af sporarbejder

5.01 Alment

5.02 Afsætning

5.03 Planum
5.03.1 Krav til planum
5.03.2 Færdsel på planum

5.04 Udlægning af ballast
5.04.1 Underballast
5.04.2 Stenballast
5.04.3 Grusballast

5.05 Udlægning af sveller og sporrammer
5.05.1 Udlægning af sveller
5.05.2 Udlægning af sporrammer

5.06 Udlægning af skinner
5.06.1 Udlægning af skinner
5.06.2 Arbejdsskinner
5.06.3 Udveksling til langskinner
5.06.4 Montering af sporet

5.07 Mekaniseret bygning af spor

5.08 Sporskifters bygning og indlægning
5.08 Sporskifters bygning og indlægning …….. 1-2

5.09 Svejsning og spændingsudligning
5.09.1 Svejsning
5.09.2 Klæbning
5.09.3 Spændingsudligning

5.10 Særlige konstruktioner
5.10.1 Rilleskinnespor
5.10.2 Spor i overkørsler
5.10.3 Andre konstruktioner

5.11 Sporombygning
5.11.1 Ballastrensning
5.11.2 Manuel sporombygning
5.11.3 Mekaniseret sporombygning

5.12 Diverse
5.12.1 Sporstoppere ……. 5-1
5.12.2 Installationer i og ved sporet

5.13 Geotekstiler

0 Indholdsfortegnelse

6	**Sporvedligeholdelse**	
6.01	**Vedligeholdelsens mål og principper**	
6.01.1	Generelt ……	1-2
6.02	**Skinner**	
6.02.1	Skinneslid ……...	3-3
6.02.2	Rifler og bølger ……..	4-3
6.02.3	Skinneslibning ……	4-3
6.02.4	Skinnebrud og andre fejl ……...	4-3
6.02.5	Skinneudveksling …….	5-2
6.03	**Stødpleje**	
6.03.1	Stødjustering og stødopretning ……..	7-1
6.03.2	Uisolerede skinnestød ……	7-1
6.03.3	Isolerede skinnestød ……	8-1
6.03.4	Midlertidige skinnestød ……	8-1
6.03.5	Regulering af stødspillerum ……	8-1
6.04	**Befæstelse**	
6.04.1	Befæstelse på betonsveller	
6.04.2	Befæstelse på træsveller	
6.05	**Sveller**	
6.05.1	Betonsveller	
6.05.2	Træsveller	
6.06	**Sporvidde**	
6.06	Sporvidde ……	9-5
6.07	**Ballastlaget**	
6.07.1	Stenballast	
6.07.2	Underballast	
6.07.3	Grusballast	
6.07.4	Banketter	
6.08	**Sporets justering og stabilisering**	
6.08	Sporets justering og stabilisering ……	11-5
6.09 #	**Spor i varmt og koldt vejr**	
6.09.1 #	Solkurver ……	17-3
6.09.2 #	Tilsyn og hastighedsnedsættelse ……..	17-3
6.09.3 #	Sporarbejder i varmt og koldt vejr …….	17-3
6.10	**Sporskifter og sporskæringer**	
6.10	Sporskifter og sporskæringer ……..	19-3
6.11	**Overkørsler**	
6.11.1	Overkørsler med vejbelægning	
6.11.2	Overkørsler med ballastfikserede elementer	
6.11.3	Overkørsler med sporfikserede elementer	
6.11.4	Andre overkørsler	

0 Indholdsfortegnelse

I forhold til tidligere side 12-6 er teksten uændret, men opstilling som "bagside" er ændret til "forside".

6.12 Hensyn til installationer i sporet

6.13 Planlægning af vedligeholdelsesarbejdet
6.13.1 Målevogne
6.13.2 Almindelig sporvedligeholdelse
6.13.3 Særlig sporvedligeholdelse
6.13.4 Sporskiftevedligeholdelse

0 Indholdsfortegnelse

Tillæg

0	**Indholdsfortegnelse for tillæg #**
1	**Indledning**
1A	Retningslinier for skrivning og revision af sporregler
2	**Sporets tracé**
2A	Baggrund for sporgeometriske regler
2B	Overhøjde og kørehastighed i U-krummede sporskifter
2C	Kurver og overgangskurver
2D	Overgangskurveformer
2E #	Udformning og beregning af overhøjderamper
2F	Ikke sammenfaldende overgangskurve og overhøjderampe
2G	Vejledning til fastsættelse af afrundingskurvers tangentlængde
3	**Underbygning**
3A	Figur 1-2-3 vedrørende tværprofiler for nyanlæg og større sporombygninger
3B	Figur 1 og 2 vedrørende tværsnit med stålmast hhv gittermast
3C	Tværprofil for havne-, side- og firmaspor
3D	Figur 1-2-3-4 vedrørende langsgående dræn på fjern- og S-baner
3E	Figur 1 og 2 vedrørende dræning på stationsplads og drænrende
3F	Figur 1 Afvanding af sporskifte (udgår) og figur 2 vedrørende afvanding af rilleskinnespor
3G	Ledning i beskyttelsesrør
3H	Figur 1 og 2 vedrørende skinneafstivning
3J	Udgravningsprofil
4	**Overbygning**
4A	Sporskifter
5	**Udførelse af sporarbejder**
6	**Sporvedligeholdelse**
6A	Skinneslid og skinneudveksling
6B	Udbedring af skinnefejl
6C	Justering af stødspillerum
6D	Forberedelse og udførelse af justeringsarbejde
6E	Solkurver
6F	Sporskiftekort
6G	Justering af sporskifter
6H	Kvalitetsberegningssystem for sporkvalitet
6I	Målehyppighed for togvejsspor, hvor V ≤ 40 km/h

#) Ændret ved denne revision

1 Indledning
1.01 Generelt

1.01.1 Målsætning og gyldighedsområde

Sporregler er en del af en integreret instruktionssamling, som fastsætter såvel tekniske som sporpolitiske bestemmelser vedrørende sporets konstruktion og vedligeholdelse.

Sporregler vil hovedsageligt omhandle tekniske bestemmelser vedrørende banens overbygning og tracéring.

Banens underbygning behandles kun sporadisk. Det er således ikke sporreglernes formål at behandle rent anlægsmæssige udførelsesmetoder for banens underbygning.

Vedrørende jord-, beton- og afvandingskonstruktioner henvises til gældende normer og anvisninger.

Sporregler indeholder regler for projektering, udførelse, eftersyn og vedligeholdelse af sporanlæg.

Udover de egentlige sporregler finder ”Sporregler tillæg”, der er et supplement til sporregler, og som indeholder arbejdsanvisninger, vejledninger, regneeksempler mv.

Hvor et infrastrukturarbejde finder sted inden for anvendelsesområdet for en eller flere TSI’er og udgør et nyanlæg, en opgradering eller en fornyelse, som defineret i Interoperabilitetsdirektivet, skal relevante TSI-krav følges.

1.01.2 Inddeling og revision

Sporregler er opdelt i 6 hovedafsnit samt indholdsfortegnelse og stikordsregister. Afsnitsinddelingen fremgår af indholdsfortegnelsen i afsnit 0.

Til hovedafsnittene kan der være tilknyttet et eller flere tillæg, jævnfør indholdsfortegnelsen i afsnit 0.

Sporregler og tillæg holdes løbende ajour i takt med den tekniske udvikling og revideres efter behov.

Revisionen foregår i Normkoordineringsfunktionen og sker i henhold til gældende retningslinjer for skrivning og revision af sporregler, jævnfør tillæg 1A.

1.01.3 Normbestemmelser

Af hensyn til en entydig fortolkning af gældende regler og bestemmelser i sporregler defineres følgende normbestemmelser

- ønskelige bestemmelser
- normalbestemmelser
- undtagelsesbestemmelser

For alle tre niveauer gælder, at krav til sikkerheden er opfyldt.

Ønskelige bestemmelser bør anvendes ved projektering af nyanlæg samt ved større ombygninger.

Anvendelsen af disse bestemmelser medfører ofte en minimering af slid og en øget kørselskomfort.

1 Indledning
1.01 Generelt

En analyse af anlægs- og levetidsomkostninger skal i hvert enkelt tilfælde give beslutningsgrundlag for, hvorvidt de ønskelige bestemmelser eller normalbestemmelserne bør anvendes.

Beslutning herom træffes normalt af den projektansvarlige.

Normalbestemmelser skal normalt anvendes ved projektering af alle nyanlæg og ombygninger.

Normalbestemmelserne bør endvidere anvendes i vedligeholdelses-situationer.

Normalbestemmelserne tilgodeser i rimelig grad krav til kørselskomfort og minimering af vedligeholdelse og er ofte at opfatte som et kompromis herimellem.

Undtagelsesbestemmelser må kun anvendes i de tilfælde, hvor det vil være umuligt eller meget bekosteligt at anvende normalbestemmelser.

Anvendelse af disse bestemmelser kan kun ske med tilladelse fra Banedanmarks tekniske systemansvarlige i hvert enkelt tilfælde. Anvendelse af undtagelsesbestemmelserne i afsnit 2.10.2 vedrørende stigningsforhold for andre hoved- og togvejsspor med blandet gods- og passagertrafik kan dog alene ske med tilladelse fra Banedanmarks normansvarlige sektionschef.

1 Indledning

1.02 Betegnelser og klassifikationer

Afsnit 1 / side 4 udgår

1.02.1 Banebetegnelser

Banenettet inddeles i to banetyper, som benævnes:

- persontrafikbaner, der er bane med persontrafik og evt. godstrafik
- godsbaner, der er baner udelukkende med godstrafik.

Banestrækningen deles i den fri bane og stationer i henhold til SR.

1.02.2 Banens klassifikation

Banenettet klassificeres efter sporets trafikbelastning i henhold til UIC-fiche 714E, der fastlægger klasserne under hensyntagen til:

- togbelastning i bruttoton fordelt på personvogne, godsvogne og lokomotiver
- tilladelig aksellast
- strækningshastighed.

I forbindelse med vedligeholdelsesarbejder klassificeres banenettet, på en række områder, alene ud fra strækningshastigheden eller hastigheden på det pågældende sporstykke. Ofte benyttes følgende hastighedsintervaller:

- $V \leq 40$ km/h
- $40 < V \leq 80$ km/h
- $80 < V \leq 120$ km/h
- $120 < V \leq 160$ km/h
- $160 < V \leq 230$ km/h
- $230 < V \leq 250$ km/h

1.02.3 Spor på fri bane

På fri bane benævnes sporene i henhold til SR som:

- hovedspor, der er spor som forbinder to nabostationer
- sidespor, øvrige spor på fri bane.

1.02.4 Spor på stationer

Spor på stationer benævnes i henhold til SR som:

- togvejsspor, der er spor, hvor der kan vises signal til ind-, ud- eller gennemkørsel
- sidespor, øvrige spor på stationer.

Togvejsspor kan gradueres i:

- gennemgående togvejsspor, der er den mindst krumme fortsættelse af strækningens hovedspor ind på, henholdsvis ud af stationer
- gennemkørselsspor, der er spor, hvor der kan vises signal ”kør igennem” til. Gennemkørselsspor vil normalt være sammenfaldende med det gennemgående spor
- vigespor, togvejsspor som ikke er gennemkørselsspor.

De her nævnte sporbetegnelser er hovedtyper, hvortil der specielt for sidespor kan tilknyttes en række specialbetegnelser som f.eks. havnebanespor, havnespor og firmaspor.

1.02.5 Højre og venstre spor

Angivelse af højre og venstre spor er, ved banetekniske forhold, altid bestemt i forhold til strækningens voksende km-retning.

Bemærk, at højre og venstre spor i trafikal henseende angives i forhold til trafikkens køreretning.

1 Indledning
1.03 Symboler, enheder og forkortelser

1.03.1 Symboler

V	(km/h)	Strækningshastighed for persontog
V_g	(km/h)	Strækningshastighed for godstog
V_v	(km/h)	Hastighed gennem et sporskiftes afvigende spor
V_a	(km/h)	Afbalanceret hastighed
R	(m)	Cirkelradius
R_v	(m)	Radius i et sporskiftes afvigende spor
R_2	(m)	Mindste radius i 2 sammenstødende kurver
R_1	(m)	Største radius i 2 sammenstødende kurver
R_i	(m)	Afvigende spors radius i i-krumning (medkrumning)
R_u	(m)	Afvigende spors radius i u-krumning (modkrumning)
h	(mm)	Aktuel overhøjde
Δh	(mm)	Forskel i overhøjde mellem to sammenstødende kurver eller mellem ret spor og tilstødende kurve
h_a	(mm)	Afbalanceret overhøjde
I	(mm)	Overhøjdeunderskud
ΔI	(mm)	Forskel i overhøjdeunderskud mellem to sammenstø-dende kurver eller mellem ret spor og tilstødende kurve
E	(mm)	Overhøjdeoverskud
a	(m/s^2)	Teoretisk sideacceleration (centrifugalacceleration)
a_m	(m/s^2)	Aktuel uafbalanceret sideacceleration
k		Krængningskoefficient (rulningsvinkelkoefficient)
A	(ton)	Maksimal statisk aksellast i sporet
g	(m/s^2)	Tyngdeacceleration
P	(t/døgn)	Godstogsbelastning
dI/dt	(mm/s)	Ændring i overhøjdeunderskud per tidsenhed
dh/dt	(mm/s)	Ændring i overhøjde pr tidsenhed
da/dt	(m/s^3)	Ændring i sideacceleration pr tidsenhed
L	(m)	Overgangskurvelængde samt overhøjderampelængde
L_a	(m)	Længde af retlinet sporstykke mellem kurver
L_t	(m)	Længde af retlinet sporstykke i transversaler
L_r	(m)	Overhøjderampens længde, når den er forskellig fra overgangskurvens længde
L_k	(m)	Længde af cirkulær kurvedel
s	($^0/_{00}$)	Overhøjderampens hældning
b	(m)	Overhøjderampens forlængelse ud på ret spor
c	(m)	Overhøjderampens forlængelse ind i cirkelkurven
f	(m)	Hovedkurvens indrykning
u	(mm)	Afvigelse fra 0-linje eller middellinje på målevognsdiagram
n	(mm)	Sporvidde

1 Indledning
1.03 Symboler, enheder og forkortelser

1.03.2 Forkortelser

Forkor-telse	Definition
DSB 37	Skinneprofil, vægt 37 kg/m (skinne IV)
DSB 45	Skinneprofil, vægt 45 kg/m (skinne V)
DSB 60	Skinneprofil, vægt 60 kg/m (skinne VI)
UIC 60	Skinneprofil, vægt 60 kg/m (skinne VII)
Dt	Dobbelt elastisk skinnebefæstelse på træsveller
Cf	Skinnebefæstelse på træsveller med fjederklemmer og stålunderlagsplade
Cr	Skinnebefæstelse på træsveller med klemplader og stålunderlagsplade
Db	Dobbeltelastisk skinnebefæstelse på 2-blok-betonsveller, ældre type
Dbg	Dobbeltelastisk skinnebefæstelse på 2-blok-betonsveller, ældre type
Dbn	Dobbeltelastisk skinnebefæstelse på 2-blok-betonsveller, type S75
Dm	Dobbeltelastisk skinnebefæstelse på monoblokbeton-sveller
Dd	Dobbelt elastisk skinnebefæstelse direkte befæstet
Dtz	Dt-befæstelse på azobésveller
Cfz	Cf-befæstelse på azobésveller
SR	Sikkerhedsreglementet
SUM	Sporudvekslingsmateriel
br æ	Brugelige ældre
hvl	Høvlede
ovbg	Overbygning
UIC	Forkortelse for det franske navn på den internationale Jernbane Union
i-krummet	I et i-krummet sporskifte er stamsporet krummet i samme retning som det afvigende spor (medkrummet)
u-krummet	I et u-krummet sporskifte er stamsporet krummet i modsat retning af det afvigende spor (modkrummet)

2 Sporets tracé
2.01 Tracéring

Afsnit 2 / side 2 udgår

2.01.0 Anvendelses-betingelser

Afsnit 2 ”Sporets tracé” er gyldigt for V ≤ 250 km/h og aksellast A ≤ 25 tons i henhold til nedenstående sammenhæng mellem V og A:

- Hastighed V ≤ 100 km/h samt aksellast A ≤ 25,0 tons
- Hastighed 100 < V ≤ 250 km/h samt aksellast A ≤ 22,5 tons

Der kan være andre forhold end tracé, der sætter restriktioner på hastighed og anvendelse af aksellast på den infrastruktur, der ligger under Banedanmarks ansvar som infrastrukturforvalter.

2.01.1 Sporets vandrette tracé

Ved sporets vandrette tracé forstås sporets beliggenhed i den vandrette plan, også benævnt sporets linjeføring. Geometrisk sammensættes sporets vandrette tracé af følgende elementer

- rette linjer
- cirkelbuer
- overgangskurver.

2.01.2 Sporets lodrette tracé

Ved sporets lodrette tracé forstås sporets beliggenhed i den lodrette plan, også benævnt sporets længdeprofil. Geometrisk sammensættes sporets lodrette tracé af følgende elementer

- rette linjer
- cirkelbuer.

Cirkelbuer anvendt i forbindelse med længdeprofiler benævnes afrundings-kurver.

2.01.3 Skinnernes indbyrdes højdebeliggenhed

Forskellen i den indbyrdes højdebeliggenhed af sporets 2 skinner benævnes overhøjde. Hvor overhøjden ønskes ændret, anvendes en overhøjderampe, som har til formål at tilvejebringe en jævn variation af overhøjden.

Under kørsel i kurver påvirkes materiellet af den vandrette udadrettede centrifugalkraft – hvis størrelse afhænger af aktuel toghastighed og kurveradius – samt af den lodrette nedadrettede tyngdekraft.

2.01.4 Kørsel i kurver

Hvis resultanten af centrifugalkraft og tyngdekraft er sammenfaldende med vognens centerplan opnås fuld afbalancering af centrifugalkraften, f. tillæg 2A. Hvis resultanten af centrifugalkraft og tyngdekraft ikke ligger i vognens centerplan fås enten underafbalancering eller overbalancering resulterende i en uafbalanceret sideacceleration, jf. afsnit 2.03.2.

Ved kørsel fra retlinet spor og omvendt, eller mellem 2 kurver, vil den uafbalancerede sideacceleration ændre sig. Hastigheden, hvormed den uafbalancerede sideacceleration ændres, benævnes rykket.

Under kørsel i overhøjderamper vil overhøjden ændre sig. Hastigheden, hvormed denne ændring sker, benævnes rampestigningshastigheden.

De parametre, der er bestemmende for, hvorledes kørsel i kurver foregår, er

- kurveradius
- hastighed
- overhøjde
- ryk
- rampestigningshastighed.

Medbestemmende for størrelsen af de to sidstnævnte parametre er

- overgangskurves længde
- overhøjderampens længde.

2 Sporets tracé
2.02 Cirkelbuer

2.02.1 Formål og anvendelse

Cirkelbuer anvendes til at ændre sporets retning i det vandrette plan.

Ved fastsættelse af en cirkelbues kurveradius gælder generelt, at denne bør gøres så stor som muligt, dog bør den begrænses til 25.000 m.

Hastighed, overhøjdemulighed, sporbenævnelse og overbygningstype vil normalt være bestemmende for den aktuelle cirkelbues kurveradius.

For langskinnespor gælder af sikkerhedshensyn særlige bestemmelser, jf BN1-66 ”Langskinnespor. Spændingsudligning og indgreb i spændingsudlignet spor”, hvor til der henvises.

2.02.2 Ønskelige bestemmelser

Afhængig af sporets benyttelse og sporbenævnelse er fastsat følgende ønskelige bestemmelser

- Spor langs perroner på nye strækninger
  Ret spor

For andre spor end spor langs perroner på nye strækninger gælder følgende

- Hovedspor og gennemkørselsspor
  R ≥ 700 m

- Øvrige togvejsspor
  R ≥ 500 m

- Sidespor
  R ≥ 190 m

Der er ikke fastsat yderligere ønskelige bestemmelser for eksisterende spor langs nye, opgraderede eller fornyede perroner.

2.02.3 Normalbestem-melser

Afhængig af sporets benyttelse og sporbenævnelse er fastsat følgende normalbestemmelser

- Spor langs perroner på nye strækninger
  R ≥ 300 m

For andre spor end spor langs perroner på nye strækninger gælder følgende

- Hovedspor og gennemkørselsspor
  R ≥ 300 m

- Øvrige togvejsspor
  R ≥ 190 m

- Firmaspor og havnespor
  R ≥ 150 m

  Med hensyn til sporudvidelse henvises til afsnit 2.12

- Øvrige sidespor
  R ≥ 190 m

Der er ikke fastsat yderligere normalbestemmelser for eksisterende spor langs nye, opgraderede eller fornyede perroner.

2 Sporets tracé
2.02 Cirkelbuer

2.02.4 Undtagelsesbestemmelser

Banedanmarks teknisk systemansvarlige kan for spor ekskl. spor langs perroner på nye strækninger give tilladelse til afvigelse fra normalbestemmelserne indtil

R ≥ 150 m

Med hensyn til sporudvidelse henvises til afsnit 2.12.

Der findes af historiske grunde sidespor med radius mindre end 150 m under Banedanmarks ansvar som infrastrukturforvalter. Disse spor tillades fortsat holdt i drift inklusiv vedligeholdelsesarbejder og om nødvendigt ved sporfornyelse med den radius, som sporet oprindeligt er anlagt med. Krav til sporudvidelse jf afsnit 2.12 skal være opfyldt.

For spor med R < 150 m skal der i Supplerende Sikkerhedsbestemmelser eller SIN optages lokale rangerinstrukser med restriktioner for materielbenyttelse.

2.02.5 Ønskelige bestemmelser for kurvelængde

Ved nyanlæg, og hvor forholdene i øvrigt tillader det, bør af komfortmæssige årsager tilstræbes en så lang cirkulær kurvedel som muligt, svarende til

For V ≤ 200 km/h: $L_K \geq 0{,}40 \cdot V$, dog minimum 20 meter (1a)
For 200 < V ≤ 250 km/h: $Lk \geq 0{,}67 \cdot V$ (1aa)

2.02.6 Normalbestemmelser for kurvelængde

Af komfortmæssige årsager skal den cirkulære kurvedel opfylde følgende betingelse

For V ≤ 200 km/h: $Lk \geq 0{,}25 \cdot V$, dog minimum 20 meter (1b)
for hoved- og togvejsspor.
For 200 < V ≤ 250 km/h: $Lk \geq 0{,}67 \cdot V$ (1bb)

2.02.7 Undtagelsesbestemmelser for kurvelængde

Banedanmarks tekniske systemansvarlige kan give tilladelse til afvigelse fra normalbestemmelsernes komfortkrav indtil

For V ≤ 200 km/h: $Lk \geq 0{,}20 \cdot V$ (1c)
For 200 < V ≤ 250 km/h: $Lk \geq 0{,}40 \cdot V$ (1cc)

Såfremt ændringen af overhøjdeunderskuddet (I) er mindre end 40 mm i forhold til en af de nærmeste kurver/ret spor, tillades L_k reduceret til $0{,}10 \cdot V$.

2 Sporets tracé
2.03 Overhøjde

2.03.1 Formål og anvendelse

Den tilsigtede højdeforskel mellem sporets to skinnestrenge benævnes sporets overhøjde. Overhøjde skabes ved at løfte den ydre skinnestreng i forhold til den indre skinnestreng.

Kurver i hovedspor og gennemkørselsspor gives normalt overhøjde for at modvirke centrifugalkraften. I alle andre tilfælde gives kurver normalt ikke overhøjde.

På delstrækninger, hvor den teoretiske strækningshastighed ikke kan opnås, skal der ved fastsættelse af overhøjden tages hensyn til den hastighed, som reelt kan opnås af de hurtigste tog. Nødvendige oplysninger herom skal indhentes gennem Banedanmarks teknisk systemansvarlige.

Ved fastsættelse af overhøjden skal der endvidere tages hensyn til fordelingen imellem hurtige og langsomme tog.

2.03.2 Afbalancerende overhøjde

Til fuldstændig afbalancering af centrifugalkraften svarer en overhøjde h_a bestemt ud fra

$$h_a = 11{,}8 \cdot (V^2 / R) \qquad (1)$$

Når den aktuelle overhøjde h er mindre end den afbalancerende overhøjde h_a fremkommer en positiv størrelse I benævnt overhøjdeunderskud

$$I = 11{,}8 \cdot (V^2 / R) - h \qquad (2)$$

Hvis den aktuelle overhøjde derimod er større end den afbalancerende overhøjde, fremkommer en positiv størrelse E, benævnt overhøjdeoverskud

$$E = h - 11{,}8 \cdot (V^2 / R) \qquad (3)$$

2.03.3 Ønskelige bestemmelser

Da ikke alle tog kører med strækningshastigheden bestemmes overhøjden normalt ikke ud fra formel (1), svarende til fuld afbalancering, men ud fra

$$h = 8 \cdot (V^2 / R), \text{ dog maksimalt } 115 \text{ mm} \qquad (4)$$

svarende til et overhøjdeunderskud på

$$I = 3{,}8 \cdot (V^2 / R)$$

Af hensyn til afsporingsrisiko i kurver med små radier skal følgende altid være overholdt:

$$h \leq (R - 50) / 1{,}5 \qquad (4a)$$

På strækninger, som af alle tog befares med tilnærmelsesvis samme hastighed, som f.eks. visse S-banedelstrækninger, kan det være ønskeligt at bestemme overhøjde af formel (1) ud fra den aktuelle hastighed, hvorved centrifugalkraften helt afbalanceres.

Bestemmelserne i afsnit 2.03.4 om største tilladte I skal sikres overholdt for de hurtigst kørende tog.

2 Sporets tracé
2.03 Overhøjde

2.03.4 Normalbestemmelser

For persontrafikbaner bestemmes overhøjden ud fra:

$$h = 11{,}8 \cdot (V^2 / R) - I \qquad (5)$$

- hvor overhøjdeunderskuddet begrænses til $I \leq 100$ mm

Ved bestemmelse af overhøjde ud fra formel (5) gælder følgende supplerende bestemmelser:

- sporskifter på stenballasterede baner
  $h \leq 120$ mm (6)

- spor på stenballasterede baner
  $h \leq 160$ mm (7a)

- spor og sporskifter på grusballasterede baner
  $h \leq 80$ mm (7b)

- spor og sporskifter langs med perroner for $V < 250$ km/h
  $h \leq 60$ mm (8)

Af hensyn til afsporingsrisiko i kurver med små radier skal kravet i formel (4a) dog altid være overholdt.

For delstrækninger, der jævnligt befares med langsomt kørende godstog, fastsættes største overhøjde til:

$$h = 11{,}8 \cdot (V_g^2 / R) + E \qquad (9)$$

- hvor V_g i nærværende sammenhæng er den laveste hastighed delstrækningen jævnligt befares med
- hvor størst tilladte overhøjdeoverskud er $E \leq 110$ mm

I forbindelse med nyanlæg, større ombygninger eller opgraderinger skal bestemmelsen (9) ligeledes omfatte delstrækninger, der jævnligt befares med langsomt kørende passagertog.

De supplerende bestemmelser i (6), (7a), (7b) og (8) skal endvidere overholdes.

2.03.5 Undtagelses-bestemmelser

Ved bestemmelse af overhøjden ud fra formel (5) kan Banedanmarks teknisk systemansvarlige, for passager- og godstog i perioden indtil implementeringen af ETCS på fjernbanen og CBTC på S-banen give tilladelse indtil:

- for $A \leq 22{,}5$ tons og skinneprofiler UIC60 og DSB60:
  - for alle tog, hvor $V \leq 140$ km/h: $I = 130$ mm
  - for alle tog, hvor 140 km/h $< V \leq 250$ km/h: $I = 153$ mm
  - for særlige togsæt: $I = 160$ mm

- for $A \leq 22{,}5$ tons og skinneprofil DSB45:
  - for alle tog: $I = 130$ mm

Ved bestemmelse af overhøjden ud fra formel (5) kan Banedanmarks teknisk systemansvarlige, for passager- og godstog i perioden efter implementeringen af ETCS på fjernbanen og CBTC på S-banen give tilladelse indtil:

2 Sporets tracé
2.03 Overhøjde

- for ETCS, V ≤ 250 km/h samt A ≤ 22,5 tons og skinneprofiler UIC60 og DSB60:
  - I = 130 mm for tog godkendt til mindst I = 130 mm
  - I = 153 mm for tog godkendt til mindst I = 153 mm

- for ETCS, V ≤ 160 km/h samt A ≤ 22,5 tons og skinneprofil DSB45[1)]:
  - I = 130 mm for tog godkendt til mindst I = 130 mm

- for CBTC, V ≤ 120 km/h samt A ≤ 22,5 tons og skinneprofiler UIC60, DSB60 og DSB45:
  - I = 130 mm for alle tog

1) Med hensyn til tilladelig kombination af hastighed og aksellast for skinneprofil DSB45 henvises til afsnit 4.11.6.

Banedanmarks tekniske systemansvarlige kan for overhøjden i sporskifter på stenballasterede baner give tilladelse indtil:
- h = 160 mm

Banedanmarks tekniske systemansvarlige kan for overhøjden i spor (ekskl. sporskifter) på stenballasterede baner reserveret for passagertrafik give tilladelse indtil:
- h = 180 mm

Banedanmarks tekniske systemansvarlige kan for V < 250 km/h give tilladelse til afvigelse fra bestemmelsen i (8) indtil:
- h = 110 mm

Af hensyn til afsporingsrisiko i kurver med små radier skal kravet i formel (4a) dog være overholdt.

2.03.6 Normalbestemmelser for overhøjde i sporskifter

Sporskifter tillades placeret på ret spor og om nødvendigt i kurver, hvor hastigheden er V ≤ 200 km/h, mens sporskifter skal placeres på ret spor uden overhøjde, hvor hastigheden er 200 < V ≤ 250 km/h.

I stamsporet af i-krummede (medkrummede) sporskifter må anvendes samme overhøjdeunderskud som i almindeligt spor, jf. reglerne i afsnit 2.03.4.

I afvigende spor af i-krummede sporskifter med faste krydsninger, kan overhøjden bestemmes af formel (10a):

$$h = 11{,}8 \cdot (V_v^2 / Ri) - I \qquad (10a)$$

idet overhøjdeunderskuddet, afhængig af hastigheden, skal begrænses til maksimalt:
- I = 100 mm for hastigheden i afvigende spor V_v ≤ 100 km/h
- I = 80 mm for hastigheden i afvigende spor 100 < V_v ≤ 200 km/h

I formel (10a) indgår radius Ri, der er radius i det afvigende spor efter krumning.

I stamsporet af u-krummede (modkrummede) sporskifter med faste krydsninger, kan overhøjden bestemmes af formel (5) i afsnit 2.03.4, idet tilladt overhøjdeunderskud, afhængig af hastigheden, skal begrænses til maksimalt:
- I = 100 mm for hastigheden i stamsporet V ≤ 100 km/h og
- I = 80 mm for hastigheden i stamsporet 100 < V ≤ 200 km/h.

2 Sporets tracé
2.03 Overhøjde

I det afvigende spor i et u-krummet sporskifte med faste krydsninger med overhøjde, vil der fremkomme såkaldt „negativ" overhøjde („falsk" overhøjde). Denne negative overhøjde er tilladt hvis:

$$h \leq I - 11{,}8 \cdot (V_v^2 / R_u) \qquad (10b)$$

idet overhøjdeunderskuddet, afhængig af hastigheden, skal begrænses til maksimalt:

- I = 100 mm for hastigheden i afvigende spor $V_v \leq 100$ km/h og
- I = 80 mm for hastigheden i afvigende spor $100 < V_v \leq 200$ km/h

I formel (10b) indgår radius R_u, der er radius i det afvigende spor efter krumning.

For sporskifter med bevægelig hjertespids gælder for V ≤ 200 km/h, at der kan anvendes samme overhøjdeunderskud som i almindeligt spor, jf. reglerne i afsnit 2.03.4.

I tillæg 2B gives et eksempel på beregning af overhøjdeforhold og kørehastigheder i u-krummede sporskifter.

2.03.7 Undtagelsesbestemmelser for overhøjde i sporskifter

I stamsporet af i-krummede sporskifter kan Banedanmarks tekniske systemansvarlige give tilladelse til anvendelse af samme overhøjdeunderskud som i almindeligt spor, jf. reglerne i afsnit 2.03.5.

I afvigende spor af i-krummede sporskifter, hvor der ikke optræder fiktive "ryk" dI/dt hverken i forenden eller i bagenden af sporskifter, kan Banedanmarks tekniske systemansvarlige give tilladelse til anvendelse af overhøjdeunderskud indtil:

- I = 100 mm for hastigheden i afvigende spor $100 < V_v \leq 200$ km/h

I stamsporet af u-krummede sporskifter, hvor der ikke optræder fiktive "ryk" dI/dt hverken i forenden eller bagenden af sporskifter, kan Banedanmarks tekniske systemansvarlige give tilladelse til anvendelse af overhøjdeunderskud indtil:

- I = 100 mm for hastigheden i stamsporet 100 < V ≤ 200 km/h

For sporskifter med bevægelig hjertespids gælder for hastigheden V ≤ 200 km/h, at Banedanmarks tekniske systemansvarlige kan give tilladelse til anvendelse af samme overhøjdeunderskud som i almindeligt spor, jf. reglerne i afsnit 2.03.5.

2.03.8 Overhøjde i overkørsler

Af hensyn til tilpasning af et i niveau skærende vejlængdeprofil kan det være ønskeligt at give ret spor overhøjde. Med denne begrundelse kan der tillades indtil 40 mm overhøjde på ret spor igennem overkørsler forudsat, at overhøjden udlignes gennem overhøjderamper af tilstrækkelige længder, i henhold til reglerne i afsnit 2.06.2.

2 Sporets tracé
2.04 Hastighed i kurver

2.04.1 Afbalanceret hastighed

Udledt af overhøjdeformlen for afbalancering af centrifugalkraften, formel (1) i afsnit 2.03.2, fås som afbalanceret hastighed:

$$V_a = \sqrt{h \cdot R / 11{,}8} \qquad (11)$$

2.04.2 Ønskelige bestemmelser

Bestemt ud fra formlen for ønskelig overhøjde, formel (4) i afsnit 2.03.3, fås følgende bestemmelse for ønskelig hastighed:

$$V = \sqrt{h \cdot R / 8} \qquad (12)$$

2.04.3 Normalbestemmelser

For persontrafikbaner fås, udledt af formel (5) i afsnit 2.03.4, følgende bestemmelse for normalhastighed:

$$V = \sqrt{(h + I) \cdot R / 11{,}8} \qquad (13)$$

hvor overhøjdeunderskuddet fremgår af afsnit 2.03.4.

For delstrækninger, der jævnligt befares med langsomt kørende godstog, bestemmes mindste godstogshastighed i kurver, udledt af formel (9) i afsnit 2.03.4 til:

$$V_g = \sqrt{(h - E) \cdot R / 11{,}8} \qquad (14)$$

hvor der for V_g og største tilladte overhøjdeoverskud E henvises til afsnit 2.03.4.

I forbindelse med nyanlæg, større ombygninger eller opgraderinger skal bestemmelsen (14) ligeledes omfatte delstrækninger, der jævnligt befares med langsomt kørende passagertog.

2.04.4 Undtagelses-bestemmelser

Ved anvendelse af undtagelsesbestemmelserne for største tilladte overhøjde og overhøjdeunderskud, jf. afsnit 2.03.5 kan absolut største hastighed i kurver for persontrafikbaner bestemmes ud fra formel (13) i afsnit 2.04.3.

2.04.5 Normalbestemmelser for hastighed i sporskifter

For største hastighed igennem såvel stamspor som afvigende spor i et i-krummet sporskifte gælder bestemmelserne for overhøjde og overhøjdeunderskud jf. afsnit 2.03.4 og 2.03.6.

Såfremt sporskiftet er u-krummet, vil den størst mulige hastighed i stamsporet være begrænset af den overhøjde, som stamsporet kan gives under hensyn til radius og hastighed i det afvigende spor, nemlig den største tilladte „negative" overhøjde i dette, jf. afsnit 2.03.6 og tillæg 2B.

Den største hastighed, som kan tillades igennem det afvigende spor i et u-krummet sporskifte, er som nævnt begrænset af den størst tilladte „negative" overhøjde heri, jf. afsnit 2.03.6 og tillæg 2B.

Der må ved indkørsel i og udkørsel af sporskiftekurver ikke forekomme større fiktivt "ryk" dI/dt end angivet i tillæg 2C figur 2.

2 Sporets tracé
2.04 Hastighed i kurver

Størst tilladte hastighed ved kørsel gennem det afvigende spor i sporskifter med retlinet stamspor uden overhøjde fremgår af figur 1.

Hældning	Radius (m)	Hastighed (km/h)
1:5,45 symmetrisk	215	40
1:7,5	190	40
1:9	190	40
1:9	300	50
1:11	330	50
1:12	500	60
1:14	500	60
1:19	1.200	100 [1)]
1:19 symmetrisk	2.400	120
1:26,5	2.500	130 [1)]
1:27,5	2.500	130 [1)]

1) Af komfortmæssige årsager kan det være nødvendigt at nedsætte hastigheden i forhold til den i figuren anførte maksimalhastighed (f.eks. hvis det afvigende spor er beliggende i et gennemgående togvejsspor).

Figur 1. Størst tilladte hastighed gennem afvigende spor i sporskifter med retlinet stamspor.

2.04.6 Undtagelsesbestemmelser for hastighed i sporskifter

For største hastighed igennem såvel stamspor som afvigende spor i et i-krummet sporskifte samt i stamspor af et u-krummet sporskifte kan Banedanmarks tekniske systemansvarlige give tilladelse til anvendelse af bestemmelserne for overhøjde og overhøjdeunderskud jf. afsnit 2.03.5 og 2.03.7”.

Ved indkørsel i og udkørsel af sporskiftekurver kan Banedanmarks tekniske systemansvarlige give tilladelse indtil et fiktivt ryk dI/dt = 150 mm/s, når følgende krav vedrørende ΔI er overholdt:

- $\Delta I \leq 130$ mm [a)]: $V \leq 60$ km/h
- $\Delta I \leq 125$ mm: 60 km/h $< V \leq 200$ km/h

[a)] For $V \leq 40$ km/h og $I \leq 75$ mm både før og efter det fiktive ryk, tillades $\Delta I \leq 150$ mm.

2 Sporets tracé
2.05 Overgangskurve

2.05.1 Formål og anvendelse

For at opnå en jævn variation af sporets krumning og dermed en rolig kørsel ved overgang fra retlinet spor til cirkelbue eller fra cirkelbue til cirkelbue indlægges normalt overgangskurver.

For klotoider med retlinet overhøjderampe gælder, at ryk og rampestigningshastighed er konstante gennem hele overgangskurven, og at de opstår (og aftager) pludseligt ved dens ender. Dette kan, ved korte overgangskurver og overhøjderamper, give anledning til nogen diskomfort.

For 4. grads parablen med s-formet overhøjderampe gælder, at ryk og rampestigningshastighed tiltager gradvis fra 0 gennem første halvdel af overgangskurven, når maksimum ved dens midte, og derfra aftager gradvist til 0 gennem den anden halvdel. Værdierne af disse størrelser vil i midtpunktet være dobbelt så store som i en klotoide af samme længde.

En ulempe ved 4. grads parablen er, at kontrollen med beliggenheden af den og den tilhørende s-formede overhøjderampe er vanskeligere, men hvor sporets tilstand i øvrigt er god, kan 4. grads parablen ved korte overgangskurvelængder give en roligere kørsel.

Vedrørende udformning af overgangskurver henvises til tillæg 2D.

2.05.2 Normalbestemmelser

Overgangskurver skal anvendes i hovedspor og gennemgående togvejsspor. For eksisterende hovedspor og gennemgående togvejsspor samt i forbindelse med større ombygninger og opgradering af hovedspor og gennemgående togvejsspor kan overgangskurver dog udelades, såfremt kravene i formel (15) overholdes mellem

- retlinet spor og kurve;
- to ensvendte cirkelbuer;
- to modvendte cirkelbuer.

For V ≤ 200 km/h: $\Delta I \cdot V / (3{,}6 \cdot L) \leq 28$ mm/s (15)

For øvrige togvejsspor og sidespor skal overgangskurver udelades, med mindre overgangskurver er påkrævet ifølge formel (17), eller der er behov for ændring af sporets overhøjde.

Som normalbestemmelse skal overgangskurver designes i form af klotoider, der med tilstrækkelig tilnærmelse kan erstattes af 3. grads parabler. I forbindelse med klotoider skal benyttes retlinede overhøjderamper, jf. afsnit 2.06.1.

Ved anvendelse af klotoiden som overgangskurve gælder følgende normalbestemmelser

For V ≤ 200 km/h: $\Delta I \cdot V / (3{,}6 \cdot L) \leq 55$ mm/s (15a)
For 200 < V ≤ 250 km/h: $\Delta I \cdot V / (3{,}6 \cdot L) \leq 50$ mm/s (15b)

Endvidere gælder, at længden af overgangskurver som minimum skal være 20 meter.

Hensyn til største tilladte rampestigningshastighed kan dog kræve en større overgangskurvelængde, jf. formel (25) i afsnit 2.06.3.

2 Sporets tracé
2.05 Overgangskurve

I øvrige togvejsspor og sidespor, hvor overgangskurver udelades, skal formel (17) overholdes mellem:

- retlinet spor og kurve;
- to ensvendte cirkelbuer;
- to modvendte cirkelbuer.

$$\Delta I \cdot V / (3{,}6 \cdot 20) \leq 71 \text{ mm/s} \qquad (17)$$

Reglerne i formel 17 gælder dog ikke for kørsel ind i og ud af sporskiftekurver, hvor reglerne i afsnit 2.04.5 er gældende.

Det skal bemærkes, at det af sikkerhedsmæssige årsager kan være nødvendigt at indlægge et retlinet sporstykke mellem modvendte cirkelbuer med små radier, jf. afsnit 2.08.

2.05.3 Undtagelsesbestemmelser

Som undtagelsesbestemmelse kan Banedanmarks tekniske systemansvarlige give tilladelse til anvendelsen af 4. gradsparabler som overgangskurve i forbindelse med s-formede overhøjderamper for V ≤ 200 km/h, jf. afsnit 2.06.1.

Banedanmarks tekniske systemansvarlige kan ved anvendelse af klotoiden som overgangskurve give tilladelse til afvigelse fra normalbestemmelser indtil:

For V ≤ 200 km/h $\Delta I \cdot V / (3{,}6 \cdot L) \leq 90$ mm/s (18)
For 200 < V ≤ 250 km/h: $\Delta I \cdot V / (3{,}6 \cdot L) \leq 75$ mm/s (19)

Hensyn til størst tilladte rampestigningshastighed kan dog kræve en større overgangskurvelængde, jf. formel (26a), (26b) og (27) i afsnit 2.06.4.

Banedanmarks tekniske systemansvarlige kan give tilladelse til at overgangskurver udelades, såfremt kravene i formel (20) og (21) overholdes mellem:

- retlinet spor og kurve
- to ensvendte cirkelbuer
- to modvendte cirkelbuer

For V ≤ 200 km/h: $\Delta I \cdot V / (3{,}6 \cdot 20) \leq 135$ mm/s (20)
For 200 < V ≤ 250 km/h: $\Delta I \cdot V / (3{,}6 \cdot 20) \leq 75$ mm/s (21)

Det er endvidere en forudsætning for anvendelsen af kravene i formel (20) og (21), at følgende krav vedrørende ΔI er overholdt:

- ΔI ≤ 130 mm [a)]: V ≤ 60 km/h
- ΔI ≤ 125 mm: 60 km/h < V ≤ 200 km/h
- ΔI ≤ 85 mm: 200 km/h < V ≤ 230 km/h
- ΔI ≤ 25 mm: 230 km/h < V ≤ 250 km/h

[a)] For V ≤ 40 km/h og I ≤ 75 mm både før og efter det fiktive ryk, tillades ΔI ≤ 150 mm.

Reglerne i formel 20 gælder dog ikke for kørsel ind i og ud af sporskiftekurver, hvor reglerne i afsnit 2.04.6 er gældende.

Det skal bemærkes, at det af sikkerhedsmæssige årsager kan være nødvendigt at indlægge et retlinet sporstykke mellem modvendte cirkelbuer med små radier, jf. afsnit 2.08.

Banedanmarks tekniske systemansvarlige kan ved anvendelse af 4. gradsparablen som overgangskurve give tilladelse til

For V ≤ 200 km/h $2 \cdot \Delta I \cdot V / (3{,}6 \cdot L) \leq 100$ mm/s (22)
For 200 < V ≤ 250 km/h: 4. gradsparabel er ikke tilladt

Hensyn til størst tilladt rampestigningshastighed kan dog kræve en større overgangskurvelængde, jf formel (27) i afsnit 2.06.4.

2 Sporets tracé
2.06 Overhøjderampe

2.06.1 Formål og anvendelse

Overhøjderamper anvendes for at udligne en given forskel i overhøjde mellem 2 sporstykker og tilvejebringe en jævn overgang mellem overhøjderne.

I forbindelse med anvendelse af klotoiden som overgangskurve kræves en retlinet overhøjderampe. Overhøjderampe og overgangskurve skal så vidt muligt være sammenfaldende. Såfremt det ikke er muligt at overholde denne regel, gælder bestemmelserne i afsnit 2.06.5.

Til 4. grads parablen kræves en s-formet overhøjderampe. Overhøjderampe og overgangskurve skal i dette tilfælde altid være sammenfaldende. Vedrørende udformning af overhøjderamper henvises til tillæg 2E.

2.06.2 Ønskelige bestemmelser

For retlinede overhøjderamper gælder følgende ønskelige bestemmelse

$$\Delta h \cdot V / (3{,}6 \cdot L) \leq 35 \text{ mm/s} \qquad (24)$$

2.06.3 Normalbestemmelser

For retlinede overhøjderamper gælder normalbestemmelsen

$$\Delta h \cdot V / (3{,}6 \cdot L) \leq 50 \text{ mm/s} \qquad (25)$$

Overhøjderampen skal endvidere have en længde, så rampestigningen maksimalt bliver s = 2,0 ‰.

Rampelængden må af hensyn til rykket ikke være mindre end den tilsvarende overgangskurvelængde bestemt af formel (15a) og (15b) i afsnit 2.05.2.

2.06.4 Undtagelsesbestemmelser for sammenfaldende overgangskurve og overhøjderampe

Hvis den retlinede overhøjderampe og overgangskurve er sammenfaldende, kan Banedanmarks teknisk system-ansvarlige give tilladelse til afvigelse fra ovenstående bestemmelser indtil

for V ≤ 200 km/h:

$$\Delta h \cdot V / (3{,}6 \cdot L) \leq 70 \text{ mm/s} \qquad (26a)$$

for 200 km/h < V ≤ 250 km/h:

$$\Delta h \cdot V / (3{,}6 \cdot L) \leq 60 \text{ mm/s} \qquad (26b)$$

Banedanmarks tekniske systemansvarlige kan for s-formede overhøjderamper give tilladelse til

For V ≤ 200 km/h: $2 \cdot \Delta h \cdot V / (3{,}6 \cdot L) \leq 70 \text{ mm/s}$ (27)

For 200 km/h < V ≤ 250 km/h er s-formede ramper ej tilladt

Ved anvendelse af undtagelsesbestemmelsen er forudsat, at rampestigningen s ≤ 2,5 ‰.

Rampelængden må af hensyn til rykket ikke være mindre end den tilsvarende overgangskurvelængde bestemt af formel (18) og (19) i afsnit 2.05.3, og for s-formede overhøjderamper bestemmes overgangskurvelængden af formel (22) i afsnit 2.05.3.

2 Sporets tracé
2.06 Overhøjderampe

2.06.5 Undtagelsesbestemmelser for ikke sammenfaldende overgangskurver og overhøjderamper

Hvis det ikke er muligt i undtagelsesbestemmelserne at overholde kravet om størst tilladte rampestigningshastighed og rampestigning, kan Banedanmarks teknisk systemansvarlige tillade, at rampen forlænges med b meter ud på ret spor og/eller c meter ind i cirkelkurven.

Følgende betingelser skal da være opfyldt:

- rampestigningen i ‰ $s \leq 125 / V$ ensbetydende med mindste rampestigningshastighed eller overhøjderampelængde på

$$\Delta h \cdot V / (3{,}6 \cdot L_r) \leq 35 \text{ mm/s eller } L_r \geq h \cdot V / 125; \quad (28)$$

- for særlige togsæt dog $s \leq 180 / V$ ‰ ensbetydende med mindste rampestigningshastighed eller overhøjderampelængde

$$\Delta h \cdot V / (3{,}6 \cdot L_r) \leq 50 \text{ mm/s eller } L_r \geq h \cdot V / 180; \quad (28a)$$

- overhøjden på ret spor $h \leq 40$ mm ensbetydende med

$$b \leq 40 \cdot L_r / h \quad (29)$$

- overhøjdeunderskuddet $I \leq 100$ mm ensbetydende med

$$c \leq (110-I) \cdot L_r / h \quad (30)$$

- rykket $dI/dt \leq 75$ mm/s ensbetydende med

$$L \geq V^3 / (33{,}4 \cdot R) \quad (31)$$

- maksimumværdien af $L_r \leq b + c + L$ ensbetydende med

$$L_r \leq L \cdot h / (h+I-140) \quad (32)$$

I tillæg 2F er ovenstående formler udledt, og der findes anført et regneeksempel.

2 Sporets tracé
2.07 Sammenstødende kurver

2.07.1 Definition

Sammenstødende kurver er cirkelbuer, der enten når helt sammen, eller cirkelbuer som ligger så tæt efter hinanden, at særlige hensyn må tages ved den geometriske udformning.

Sammenstødende kurver kan være ensvendte eller modvendte.

2.07.2 Ensvendte kurver

Ensvendte kurver skal så vidt muligt forbindes med en enkelt, fælles overgangskurve, og eventuel forskel i overhøjde i de 2 kurver skal normalt udlignes ved en overhøjderampe sammenfaldende med overgangskurven.

Normalt anvendes, som overgangskurve mellem ensvendte kurver, en klotoide med tilhørende retlinet overhøjderampe.

Undtagelsesvis kan overgangskurven udformes som en 4. grads parabel med tilhørende s-formet overhøjderampe.

Lader det sig ikke gøre at forbinde 2 ensvendte kurver med en fælles overgangskurve, må hver kurve udstyres med en separat overgangskurve og overhøjderampe. Den heraf følgende diskomfort skal modvirkes ved indlægning af et retlinet mellemstykke mellem 2 overgangskurvers begyndelsespunkter i henhold til reglerne i afsnit 2.08.

Vedrørende ensvendte kurver uden mellemliggende overgangskurve(r) henvises til afsnit 2.05.2 og 2.05.3.

2.07.3 Modvendte kurver

Overgangskurver mellem modvendte kurver bør af vedligeholdelsesmæssige årsager så vidt muligt adskilles af et retlinet mellemstykke, der overholder reglerne i afsnit 2.08.2 eller 2.08.3. Dette tilfælde er illustreret i tillæg 2E (figur 11).

Lader det sig ikke gøre at indlægge et retlinet mellemstykke, der overholder reglerne i afsnit 2.08, mellem de 2 overgangskurver, skal disse overgangskurver nå sammen.

Normalt skal anvendes klotoider som overgangskurver med tilhørende retlinede overhøjderamper.

Undtagelsesvis kan anvendes 4. grads parabler som overgangskurver med tilhørende s-formede overhøjderamper.

Vedrørende modvendte kurver uden mellemliggende overgangskurve(r) henvises til afsnit 2.05.2, 2.05.3 og 2.08.

2 Sporets tracé
2.08 Retlinet sporstykke mellem kurver

2.08.1 Anvendelse af retlinet sporstykke

Af komforthensyn skal der mellem sammenstødende kurver indlægges 2 separate overgangskurver adskilt af et retlinet mellemstykke, såfremt de sammenstødende kurver ikke som foreskrevet i afsnit 2.07 kan forbindes med fælles overgangskurve, jf. afsnit 2.08.2, 2.08.3 og 2.08.4.

Af sikkerhedsmæssige årsager skal retlinet sporstykke anvendes mellem modvendte kurver med små radier uden overgangskurver, jf. afsnit 2.08.5 og 2.08.6.

Ligeledes af sikkerhedsmæssige hensyn skal retlinet sporstykke anvendes mellem sporskifter, som vender tungerne mod hinanden og indgår i samme togvej, jf. afsnit 2.08.8 og 2.08.9.

2.08.2 Ønskelige bestemmelser for retlinet sporstykke mellem kurver

Ved nyanlæg, og hvor forholdene i øvrigt tillader det, bør af komfortmæssige årsager, tilstræbes et så langt retlinet mellemstykke som muligt svarende til:

For $V \leq 200$ km/h: $L_s \geq 0{,}40 \cdot V$, dog minimum 20 meter (33)
For $200 < V \leq 250$ km/h: $L_s \geq 0{,}67 \cdot V$ (33a)

Denne bestemmelse gælder for såvel ensvendte som modvendte kurver. For retlinet sporstykke mellem kurver med små radier henvises endvidere til afsnit 2.08.5.

2.08.3 Normalbestemmelser for retlinet sporstykke mellem kurver

Af komfortmæssige årsager skal det retlinede mellemstykke opfylde følgende betingelse:

For $V \leq 200$ km/h: $L_s \geq 0{,}25 \cdot V$, dog minimum 20 meter for hoved- og togvejsspor. (34)
For $200 < V \leq 250$ km/h: $L_s \geq 0{,}67 \cdot V$ (34a)

Denne bestemmelse gælder for såvel ensvendte som modvendte kurver. For retlinet sporstykke mellem kurver med små radier henvises endvidere til afsnit 2.08.5.

2.08.4 Undtagelsesbestemmelser for retlinet sporstykke mellem kurver

Banedanmarks teknisk systemansvarlige kan give tilladelse til afvigelse fra normalbestemmelsernes komfortkrav indtil

For $V \leq 200$ km/h: $L_s \geq 0{,}20 \cdot V$ (34b)
For $200 < V \leq 250$ km/h: $L_s \geq 0{,}40 \cdot V$ (34c)

Såfremt ændringen af overhøjdeunderskuddet (I) er mindre end 40 mm i forhold til en af de nærmeste kurver, tillades L_2 reduceret til 0,10 V. For retlinet sporstykke mellem kurver med små radier henvises endvidere til afsnit 2.08.5.

2.08.5 Retlinet sporstykke mellem modvendte kurver med små radier ved nyanlæg, fornyelse mm.

Ved nyanlæg, fornyelse, ombygning og øvrige ændringer i relation til sporets tracé skal følgende være overholdt

- Når radius i begge kurver er $R \geq 220$ m, kan retlinet mellemstykke udelades.
- Når radius i blot én af kurverne er $150 \text{ m} \leq R < 220$ m, kræves et retlinet mellemstykke i henhold til figur 2a.

For kurver med radius < 150 henvises til driftstilladelse i afsnit 2.02.4. Når radius i blot én af kurverne er $R < 150$ m, kræves brug af bestemmelser i henhold til afsnit 2.08.6.

2 Sporets tracé
2.08 Retlinet sporstykke mellem kurver

Mindstekrav for længden af retlinede sporstykker mellem modvendte kurver (S-kurver)								
Radius i den anden kurve i meter	Radius i den ene kurve i meter							
	150	160	170	180	190	200	210	220
150	10,78	10,29	9,83	9,38	8,94	8,52	8,11	7,71
160	10,29	9,48	8,97	8,49	8,02	7,56	7,12	6,69
170	9,83	8,97	8,30	7,78	7,28	6,80	6,31	5,81
180	9,38	8,49	7,78	7,20	6,65	6,08	5,49	4,86
190	8,94	8,02	7,28	6,65	6,00	5,33	4,59	3,76
200	8,52	7,56	6,80	6,08	5,33	4,50	3,54	2,28
210	8,11	7,12	6,31	5,49	4,59	3,54	2,11	0
220	7,71	6,69	5,81	4,86	3,76	2,28	0	0
230	7,32	6,27	5,29	4,18	2,74	0	0	0
240	6,95	5,85	4,74	3,38	1,07	0	0	0
250	6,58	5,42	4,14	2,39	0	0	0	0
260	6,22	4,97	3,46	0,36	0	0	0	0
270	5,86	4,48	2,64	0	0	0	0	0
280	5,51	3,96	1,45	0	0	0	0	0
290	5,15	3,37	0	0	0	0	0	0
300	4,77	2,68	0	0	0	0	0	0
310	4,37	1,75	0	0	0	0	0	0
320	3,95	0	0	0	0	0	0	0
330	3,47	0	0	0	0	0	0	0
340	2,94	0	0	0	0	0	0	0
350	2,30	0	0	0	0	0	0	0
360	1,41	0	0	0	0	0	0	0
370	0	0	0	0	0	0	0	0
380	0	0	0	0	0	0	0	0

Figur 2a. Mindstekrav for længden af retlinede sporstykker mellem modvendte kurver uden overgangskurver.

2.08.6 Retlinet sporstykke mellem modvendte kurver med små radier for eksisterende spor.

Banedanmark ejer eller forvalter spor idriftsat før 01.09.2011, som ikke overholder mindstekrav i afsnit 2.08.5. Disse spor tillades fortsat holdt i drift inklusive vedligeholdelsesarbejder, såfremt bestemmelser i figur 2b er overholdt.

For sådanne spor skal af sikkerhedsmæssige årsager følgende absolutte krav altid være overholdt

- Når radius i begge kurver er R ≥ 200 m, kan retlinet mellemstykke udelades.
- Når radius i blot én af kurverne er 120 ≤ R < 200 m, kræves et retlinet mellemstykke i henhold til figur 2b.
- Når radius i blot én af kurverne er R < 120 m, kræves et retlinet mellemstykke på mindst 30 m.

2 Sporets tracé
2.08 Retlinet sporstykke mellem kurver

Bestemmelser for eksisterende spor per 01.09.2011 for mindste retlinede sporstykke mellem modvendte kurver (S-kurver)									
Radius i den anden kurve [m]	Radius i den ene kurve [m]								
	120	130	140	150	160	170	180	190	200
120	20,00	-	-	-	-	-	-	-	-
130	20,00	20,00	-	-	-	-	-	-	-
140	19,00	18,00	16,00	-	-	-	-	-	-
150	19,00	18,00	12,00	7,00	-	-	-	-	-
160	19,00	17,00	10,00	6,00	6,00	-	-	-	-
170	19,00	16,00	10,00	6,00	6,00	5,50	-	-	-
180	19,00	15,00	10,00	6,00	5,50	5,00	4,50	-	-
190	19,00	15,00	9,00	5,50	5,00	4,50	4,00	3,00	-
200	19,00	15,00	8,00	5,50	4,50	4,00	3,50	2,50	0
210	19,00	15,00	8,00	5,00	4,50	3,50	2,50	1,00	0
220	19,00	15,00	7,00	4,50	4,00	3,00	1,50	0	0
230	19,00	15,00	7,00	4,50	3,50	2,00	0	0	0
240	19,00	15,00	6,00	4,00	3,00	1,00	0	0	0
250	19,00	15,00	5,00	3,50	2,50	0	0	0	0
260	19,00	15,00	5,00	3,50	1,50	0	0	0	0
270	19,00	15,00	5,00	3,00	0	0	0	0	0
280	19,00	14,00	4,00	2,50	0	0	0	0	0
290	19,00	14,00	3,00	1,50	0	0	0	0	0
300	19,00	14,00	3,00	0	0	0	0	0	0
310	19,00	14,00	2.00	0	0	0	0	0	0
320	19,00	14,00	2,00	0	0	0	0	0	0
330	19,00	13,00	1,00	0	0	0	0	0	0
340	18,00	13,00	0	0	0	0	0	0	0
350	17,00	13,00	0	0	0	0	0	0	0

Figur 2b. Bestemmelser for eksisterende spor per 01.09.2011 for mindste retlinede sporstykke mellem modvendte kurver uden overgangskurver.

2.08.7 Ønskelige bestemmelser for sporskifter

I hovedspor og togvejsspor skal der mellem sporskifter, som vender tungerne mod hinanden, og hvor begge afvigende spor indgår i samme togvej, tilstræbes et retlinet sporstykke af mindst 30 meter mellem tungestødene.

2.08.8 Normalbestemmelser for sporskifter

For sporskiftekurver, hvor hastigheden er V ≤ 70 km/h, gælder, at mindst tilladte længde af det retlinede sporstykke mellem tungestødene i hoved- og togvejsspor samt i centralsikrede sporskifter i sidespor er 7m. For sporskiftekurver, hvor hastigheden er 70 <V≤ 200 km/h, gælder, at mindst tilladte længde af det retlinede sporstykke mellem tungestødene i hoved- og togvejsspor skal overholde kravene under normalbestemmelserne i figur 3 i afsnit 2.09.2.

For ensvendte sporskiftekurver gælder dog:

- at længden af det retlinede sporstykke mellem tungestødene kan begrænses til 3 meter forudsat, at der anvendes azobèsveller i tungepartierne.
- at længden mellem sporskiftekurvernes fiktive tangentpunk-

2 Sporets tracé
2.08 Retlinet sporstykke mellem kurver

ter kan fastsættes til 0 meter forudsat, at der anvendes UIC60-sporskifter på betonsveller (ekskl. krydsnings-sporskifter).

For modvendte sporskiftekurver gælder endvidere, at mindst tilladte længde af det retlinede sporstykke skal overholde kravene i figur 2a i afsnit 2.08.5. Det skal bemærkes, at størrelserne i figur 2a i dette tilfælde angiver mindste retlinede sporstykke mellem sporskiftekurvernes tangentpunkter.

Af signaltekniske grunde kan det være nødvendigt eller ønskeligt at forøge denne minimumslængde.

2.08.9 Eksisterende sporskifter

Banedanmark ejer eller forvalter sporskifter med modvendte sporskiftekurver idriftsat før 01.09.2011, som ikke overholder mindstekravene i afsnit 2.08.8. Disse sporskifter tillades fortsat holdt i drift inklusive vedligeholdelsesarbejder, såfremt bestemmelserne i figur 2b i afsnit 2.08.6 er overholdt. Det skal bemærkes at størrelserne i figur 2b i dette tilfælde angiver mindste retlinede sporstykke mellem sporskifternes tangentpunkter.

2 Sporets tracé
2.09 Transversaler

2.09.1 Definition

Ved transversal forstås en sporskifteforbindelse, som tillader kørsel fra et spor til et andet dermed sideløbende spor, f.eks. fra højre til venstre spor på en dobbeltsporet bane.

En transversal vil således bestå af 2 sporskifter med krydsningsenderne mod hinanden og et mellemliggende sporstykke.

Kørsel igennem en transversal vil indebære passage af 2 modsat vendende sporskiftekurver i hurtig rækkefølge.

Krav i afsnit 2.09 til elementlængde gælder ligeledes for linieføringen gennem afvigende gren af sporskifter og den tilhørende kontrakurve i vigesporet.

2.09.2 Transversal mellem rette parallelle spor

For kørsel igennem transversaler kræves følgende elementlængder imellem de 2 sporskiftekurver:

Hastighed	**Ønskelige bestemmelser**	**Normal-bestemmelser**
For V ≤ 70 km/h	$L_t \geq 0{,}20 \cdot V$	$L_t \geq 0{,}10 \cdot V$
For 70 < V ≤ 100 km/h	$L_t \geq 0{,}25 \cdot V$	$L_t \geq 0{,}15 \cdot V$
For 100 < V ≤ 200 km/h	$L_t \geq 0{,}30 \cdot V$	$L_t \geq 0{,}20 \cdot V$

Figur 3. Mindste elementlængder mellem sporskiftekurver

For hastigheder V ≤ 70 km/h gælder endvidere, at kravene i afsnit 2.08 vedrørende retlinet sporstykke mellem modvendte kurver ved små radier, skal være opfyldt.

Nedenfor udregnes de i henhold hertil nødvendige mindstekrav til sporafstande for de ved Banedanmark normalt anvendte sporskifter. Gældende bestemmelser for mindste sporafstand jf. BN1-154 skal dog altid være opfyldt.

Hældnings-forhold	Radius (m)	Mindste sporafstand (m)	
		Ønskelige bestemmelser	**Normal-bestemmelse**
1:7,5	190	4,40	*)
1:9	190	*)	*)
1:9	300	4,80	4,25
1:11	330	*)	*)
1:12	500	4,50	*)
1:14	500	*)	*)
1:19	1.200	4,65	*)
1:26,5	2.500	5,05	4,55
1:27,5	2.500	4,75	*)
*) Ingen supplerende krav i forhold til BN2-krav i BN1-154.			

Figur 3a. Mindste sporafstand i transversaler for normalt anvendte danske sporskifter jvf. typegodkendelse.

2 Sporets tracé
2.09 Transversaler

2.09.3 Transversal mellem rette ikke parallelle spor

I denne situation kan sporstykket mellem de to sporskifter kun undtagelsesvis udformes som et ret sporstykke, nemlig når de to spors hældning i forhold til hinanden svarer til forskellen mellem de to sporskifters hældningsforhold.

I alle andre tilfælde skal der i mellemstykket indlægges en kurve.

Mellem denne kurve og det sporskifte, hvis sporskiftekurve drejer i modsat retning, skal der indlægges et retlinet sporstykke med en længde, der opfylder kravene i både afsnit 2.08 og 2.09.2.

I den anden ende af mellemstykket skal kurven slutte sig til sporskiftekurven i det andet sporskifte, som skal være af en type med sporskiftekurven ført gennem krydsningen.

Radius i mellemstykkets kurve skal vælges således, at der ved den tilladte hastighed ikke fremkommer overhøjdeunderskud større end 100 mm ved V ≤ 100 km/h og 80 mm ved 100 km/h < V ≤ 200 km/h.

Er pladsforholdene så snævre, at de nævnte krav til mindste længde af det retlinede mellemstykke og/eller til mindste radius i mellemkurven ikke kan overholdes ved den hastighed, som normalt tillades i de benyttede sporskifter, skal den tilladte hastighed i transversalen nedsættes.

2.09.4 Transversal mellem spor i kurve

Sådanne transversaler består af et u-krummet og et i-krummet sporskifte, hvis sporskiftekurver krummer i modsat retning, samt et mellemstykke med krumning tilnærmet som stamsporenes krumning.

Af anlægstekniske grunde har de to stamspor normalt samme overhøjde, hvorved det u-krummede sporskiftes sporskiftekurve sædvanligvis vil få en tilsvarende falsk overhøjde.

Radius og overhøjde skal vælges således, at såvel stamsporet som sporskiftekurven i det u-krummede sporskifte kan befares med de ønskede hastigheder, uden at de tilladte værdier af overhøjdeunderskud overskrides i overensstemmelse med bestemmelserne i afsnit 2.03.6.

Kan dette ikke lade sig gøre, skal hastigheden nedsættes, således at de anførte betingelser opfyldes. Der henvises herom til afsnit 2.04.5 med tilhørende tillæg 2B.

Det kan forekomme, at de to kurvede stamspor ikke er parallelle. I så fald skal der i hvert enkelt tilfælde ske en detaljeret gennemregning.

2 Sporets tracé
2.10 Længdeprofil

2.10.1 Definition

Ved banens længdeprofil forstås sporets beliggenhed i det vertikale plan. Længdeprofilet er sammensat af rette linjer og cirkelbuer. De rette linjers hældning (i promille) i forhold til vandret betegnes stigningsforholdet.

2.10.2 Stigningsforhold

En banes stigningsforhold skal fastsættes under hensyn til banens karakter og til det terræn, hvorigennem banen fremføres.

Ønskelige bestemmelser for stigningsforhold

Afhængig af sporets benyttelse og trafikale sportype stilles følgende krav til stigningsforhold, p:

- Spor hvor vogne skal hensættes: p ≤ 1,5 ‰
- Spor langs perron: p ≤ 1,5 ‰
- Andre hoved-, togvejs- og sidespor: p ≤ 8,0 ‰

Normalbestemmelser for stigningsforhold

Afhængig af sporets benyttelse og trafikale sportype stilles følgende krav til stigningsforhold, p:

- Spor hvor vogne skal hensættes: p ≤ 2,5 ‰
- Spor langs ny perron: p ≤ 2,5 ‰
- Spor langs eksisterende perron: p ≤ 10,0 ‰
- Andre hoved-, togvejs- og sidespor: p ≤ 12,5 ‰

Undtagelsesbestemmelser for stigningsforhold

Afhængig af sporets benyttelse og trafikale sportype stilles følgende krav til stigningsforhold, p:

- Spor langs perron: p ≤ 10,0 ‰ [a)]

For andre spor end spor langs perron gælder følgende:

- Hoved- og togvejsspor reserveret for passagertrafik: p ≤ 25,0 ‰
  - for delstrækninger ≤ 10 km p ≤ 35,0 ‰
  - for delstrækninger ≤ 6 km

- Hoved-, togvejsspor og sidespor med blandet gods- og passagertrafik [b)]
  - for delstrækningen Korsør-Sprogø p ≤ 15,6 ‰ [c)]
  - for delstrækninger ≤ 3 km p ≤ 15,6 ‰
  - for delstrækninger ≤ 0,5 km p ≤ 25,0 ‰ [d)]

[a)] For spor på nye strækninger er værdien p ≤ 2,5 ‰ ved passagerperroner, der forudsættes anvendt til regelmæssig til- og frakobling af passagervogne.
[b)] Tilladelse til anvendelse af disse regler kan kun gives af Banedanmarks normansvarlige chef.
[c)] Værdien er bestemt af den pågældende delstrækning's oprindelige anlæg, og værdien er alene gældende for dette anlæg.
[d)] For p > 20,0 ‰ kun såfremt der ikke findes trafikale krav om, at tog skal kunne standses eller sættes i gang på delstrækningen under normal drift.

Forud for en eventuel ansøgning om brug af undtagelsesbestemmelser for andre hoved- og togvejsspor samt sidespor, skal det konkrete projekt vurdere konsekvenserne med hensyn til sammenhørende krav vedrørende hastighed, toglængde og bremseprocent jf. TIB Ø/V samt konsekvenserne vedrørende trækkraft for de tog, der allerede har eller som fremover kan tænkes at få en tilladelse til at køre på strækningen.

2 Sporets tracé
2.10 Længdeprofil

2.10.3 Afrundingskurver

Ændring i længdeprofilet sker normalt gennem indlægning af afrundingskurver.

Ændringer i længdeprofilet > 1 ‰ skal afrundes ved cirkelbuer, som skal have en længde på mindst 20 m. I transversalforbindelser, hvor hastigheden er V ≤ 80 km/h, tillades længden af afrundingskurver dog reduceret til 10 m.

Ændringer i længdeprofilet ≤ 1 ‰ må indlægges som direkte knæk.

Afrundingskurver i længdeprofilet bør så vidt muligt lægges uden for overhøjderamper, sporskifter og overkørsler samt 25 meter på begge sider af overkørsler. Kan dette ikke opnås, bør afrundingsradius gøres så stor som muligt.

I tillæg 2G er angivet en vejledning til fastsættelse af afrundingskurvers tangentlængde.

Ønskelige bestemmelser for afrundingskurver

Der stilles følgende krav til afrundingsradius, R_L for 0 < V ≤ 200 km/h:

$R_L \geq 1{,}00 \cdot V^2$ (37)

og

$10.000 \text{ m} \leq R_L \leq 40.000 \text{ m}$ (38)

For 200 < V ≤ 250 km/h stilles følgende krav til afrundingsradius, R_L:

$R_L = 40.000 \text{ m}$ (38a)

Normalbestemmelser for afrundingskurver

Afhængig af hastighed stilles følgende krav til afrundingsradius, R_L:

- 0 < V ≤ 200 km/h:
  $R_L \geq 0{,}35 \cdot V^2$, dog minimum nedenstående: (39)
  - 5.000 m for spor og sporskifter i forbindelse med større ombygninger, opgradering og ved nyanlæg
  - 5.000 m for eksisterende sporskifter
  - 2.000 m for eksisterende spor.

- 200 < V ≤ 250 km/h:
  $R_L \geq 0{,}35 \cdot V^2$, dog minimum 20.000 m (40)

Undtagelsesbestemmelser for afrundingskurver

Afhængig af hastighed stilles følgende krav til afrundingsradius, R_L:

- 0 < V ≤ 200 km/h:
  $R_L \geq 0{,}25 \cdot V^2$, dog minimum 2.000 m (41)
- 200 < V ≤ 250 km/h:
  $R_L \geq 0{,}175 \cdot V^2$, dog minimum 10.000 m (42)

Undtagelsesbestemmelser kan tillades anvendt for almindeligt spor samt for sporskifter, der placeres i en bakkedal, men ikke for sporskifter placeret på en bakkekam.

For sidespor gælder for spor ekskl. sporskifter, at radius undtagelsesvis kan reduceres yderligere, dog ikke under 900 meter i en bakkedal og 500 meter på en bakkekam.

Ved afrunding af nedløbsrampernes knækpunkter på rangerbanegårde kan radius undtagelsesvis tillades reduceret yderligere i en bakkedal, dog ikke under 500 meter.

2 Sporets tracé

Afsnit 2 / side 26 – 30 udgår

2.11 Sporets afmærkning

Reglerne for sporets afmærkning er anført i banenorm BN2-93 ”Absolut beliggenhed og fast afmærkning af sporets tracé”, hvortil der henvises.

2 Sporets tracé
2.12 Sporvidde

2.12.1 Nominel og projekteret sporvidde

Sporvidden er det vinkelrette mål mellem indersiderne af skinnerne målt 14 mm under skinneoverkant.

Sporviddens nominelle mål er 1435 mm.

For nominel sporvidde 1435 mm skal den projekterede sporvidde for sveller på ret spor og i kurver med radius R > 190 m være 1437 mm.

Med hensyn til tolerancer for sporvidde henvises til reglerne i BN1-38 ”Sporbeliggenhedskontrol og sporkvalitetsnormer”.

For sveller lagt med en projekteret sporvidde på 1432 mm, 1435 mm eller 1437 mm skal sporvidden vedligeholdes efter reglerne, der er beskrevet i BN1-38 ”Sporbeliggenhedskontrol og sporkvalitetsnormer”.

2.12.2 Sporudvidelse

Sporudvidelse er en forøgelse af den nominelle sporvidde i cirkelkurver med små radier.

Der gælder de i figur 4 angivne nominelle mindste krav til sporudvidelse i kurver (eksklusive sporskiftekurver).

Radius (m)	Sporudvidelse (mm)
190 ≤ R	ingen
175 ≤ R < 190	+ 5
150 ≤ R < 175	+ 10
R < 150	+ 15 note 1

Note 1: Med hensyn til mindste radius for nyanlæg henvises til afsnit 2.02.

Figur 4 Nominelle mindste krav til sporudvidelse i spor

Sporudvidelsen skal være fuldt til stede ved cirkelbuens startpunkt, og den skal tiltage jævnt over den samlede overgangskurvelængde.

Ligger cirkelbuen uden overgangskurve, skal sporudvidelsen normalt etableres via en udvidelse på 2,5 mm per 5 sveller. Undtagelsesvis kan Banedanmarks tekniske systemansvarlige give tilladelse til at etablere sporudvidelse med maksimalt 5 mm per 5 sveller.

I spor med rilleskinner skal der ikke være sporudvidelse i kurver. Ved nyanlæg eller sporfornyelse tillades spor med rilleskinner alene etableret, hvor der er ret spor eller kurver med radius R ≥ 190 meter.

Med hensyn til sporudvidelse i sporskifter henvises til de for det pågældende sporskifte relevante sportekniske normaltegninger.

Med hensyn til tolerancer for sporvidde i forbindelse med sporudvidelse henvises til reglerne i BN1-38 ”Sporbeliggenhedskontrol og sporkvalitetsnormer”.

3. Underbygning

3.01 Alment

De almene regler for banens underbygning er givet i banenorm BN1-6 ”Tværprofiler for ballasteret spor”, hvortil der henvises.

3.02 Jordarbejder

Reglerne for jordarbejder er givet i banenorm BN1-6 ”Tværprofiler for ballasteret spor” (Afgravning og Påfyldning) og BN1-8 ”Underbygning. Jordarter” (Jordarter), hvortil der henvises.

3.03 Afvanding

Reglerne for afvanding er givet i banenorm BN1-11 ”Afvanding af sporarealer”, hvortil der henvises.

3.04 Tværgående ledninger under banen

Reglerne for tværgående ledninger under banen er givet i banenorm BN1-13 ”Ledningsanlæg på Banedanmarks arealer”, hvortil der henvises.

3.05 Skinneafstivninger

Reglerne om skinneafstivninger er givet i banenorm BN1-6 ”Tværprofiler for ballasteret spor”, hvortil der henvises.

3.06 Arbejder ved spor i drift

Reglerne for arbejder i og ved spor er givet i Sikkerhedsreglementet SR og ”Arbejde i Spor”, hvortil der henvises.

Reglerne for opgravning ind i ballastprofilet og i nærheden af køreledningsmaster er givet i banenorm BN1-6 ”Tværprofiler for ballasteret spor”, hvortil der henvises.

4 Overbygning
4.02 Ballast

Reglerne for grus er givet i Banenorm BN2-19 „Ballast og underballast", hvortil der henvises.

4.02.3 Grus

Reglerne for skærver er givet i Banenorm BN2-19 „Ballast og underballast", hvortil der henvises.

4.02.5 Skærver

Sporregler

4 Overbygning

4.02 Ballast

4 Overbygning
4.08 Spor uden ballast

4.08.1 Alment

Spor uden ballast omtales også som direkte befæstet spor.

Direkte befæstet spor skal, hvor denne sportype ønskes, ved fornyelse og nyanlæg af spor udføres enten med Ddp- eller Ddv-befæstelse med UIC60-skinner på betonunderlag. UIC60 Ddp-overbygning kan også benyttes på stålunderlag.

Der henvises til Normaltegning blad nr 8331 vedrørende UIC60 Ddp og Normaltegning blad nr 8332 vedrørende UIC60 Ddv. På disse normaltegninger er bl.a. anført anvendelsesbetingelser vedrørende maksimal hastighed, maksimal aksellast og minimumsradius.

4 Overbygning
4.09 Sporskifter

4.09.1 Formål og betegnelser

Indholdet i afsnit 4.09.1 er uændret i forhold til side 1 (01.01.1987)

Sporskifter anvendes, hvor der ønskes mulighed for at *vælge* mellem to eller flere togveje.

Et sporskifte er normalt opbygget med et lige stamspor og et krumt afvigen-de spor med kurve udformet som cirkelbue. Et sådant sporskifte kaldes et enkelt sporskifte. Afhængig af··, om det afvigende spor set fra tungespidsen drejer til højre eller venstre, benyttes betegnelsen højre eller venstre spor-skifte.

Nogle sporskifter er dog konstrueret symmetriske, *dvs,* at sporet deler sig i et højre og et venstre spor med samme kurveradius.

Udover enkeltsporskifter i normalt skinneprofil findes i normalt skinneprofil hele og halve krydsningssporskifter, forsatte sporskifter og færgesporskifter. Desuden findes enkeltsporskifter i rilleskinneprofil.

Et sporskifte betegnes udover højre, venstre eller symmetrisk, ved skinnetype, radius i afvigende spor, samt hældningsforhold i krydsningen mellem afvigende spor og stamspor.

Hældningsforholdet i krydsningen er defineret som tangens til vinklen mellem centerlinjen i stamsporet og tangenten til det afvigende spors centerlinje ved cirkelbuens endepunkt.

Betegnelser for de af DSB anvendte sporskifter fremgår af tillæg 4A.

4.09.2 Sporskiftetyper

Indholdet i afsnit 4.09.2 er uændret i forhold til side 1 (01.01.1987), dog er •; konsekvensrettet i denne udgave

Der er konstrueret forskellige sporskiftetyper for at opfylde forskellige *anven*-delseskrav. Radius i det afvigende spor fastlægges ud fra et krav om en hurtig afvigelse fra stamsporet eller kravet om en bestemt hastighed i det afvigende spor.

Med valgt radius bestemmes størst tilladte hastighed i det afvigende spor jf bestemmelserne i afsnit 2.04.5. Tilsvarende bestemmes for *valgt* hastighed mindste radius i det afvigende spor.

Mindste radius i sporskifter i normalt skinneprofil er 190 m svarende til bestemmelserne i afsnit 2.02.

I rilleskinnesporsporskifter er mindste radius i det afvigende spor 150* m svarende til normalbestemmelserne i afsnit 2.02.3 for firma- og havnespor.

Færgesporskifter tillades indlagt i kurver med mindste radius 300 m.

Sporviddetlilæg i det afvigende spor er bestemt efter normalbestemmelserne for sporviddetillæg i kurver, jf afsnit 2.12 .

I tillæg 4A er dels alle de sporskiftetyper,som anvendes i dag, dels nogle ældre sporskiftetyper tabelleret. Der anskaffes udelukkende sporskifter med skinneprofil DSB 45 og UIC 60.

4 Overbygning
4.09 Sporskifter

4.09.3
Sporskifter i kurver

Reglerne for sporskifter i kurver er givet i BN2-15 "Projektering, etablering, tilstand og vedligeholdelse at sporskifter og sporskæringer", hvortil der henvises.

4.09.4
I-krumme sporskifter

Reglerne tor I-krumme sporskifter er givet i BN2-15 "Projektering, etablering, tilstand og vedligeholdelse af sporskifter og sporskæringer", hvortil der henvises.

4.09.5
U-krumme Sporskifter

Reglerne for U-krumme sporskifter er givet i BN2-15 "Projektering, etablering, tilstand og vedligeholdelse af sporskifter og sporskæringer", hvortil der henvises.

4.09.06
Sporskifte-Komponenter

Et sporskifte er opbygget af et stort antal delkomponenter, hvoraf mange er væsentlig forskellige fra almindelige sporkomponenter.

Sporskifter kan opdeles i
- tungeparti (2 tunger med tilhørende sideskinner)
- mellemskinner
- krydsning
- tvangskinner (tvangskinneprofil med sideskinne)

Der udvikles til stadighed nye sporkomponenter. Dette medfører, at der i sporet tindes sporskiftekomponenter og sporskiftetyper, som ikke anskaffes mere.

Der findes i dag 3 typer tunger i sporet
- tunger med drejetap
- fjedrende tunger
- fjedrende skinnetunger

Der anskaffes fjedrende skinnetunger og fjedrende tunger til nuværende sporskifte-typer.

Tilsvarende findes 5 typer krydsninger i sporet
- skinnekrydsning på langplade
- krydsning med hjertestykblok
- manganstålkrydsning
- manganstålkrydsning med svejsbare ben
- skinnekrydsning med hærdet hjertespids og vingeskinne

Gældende type krydsning fremgår at normaltegning tor pågældende sporskiftetype.

Tvangskinneprofiler findes i 3 typer
- almindeligt skinneprofil
- højt tvangskinneproifl
- tvangskinneprofil UIC 33

4 Overbygning
4.09 Sporskifter

4.09.6
fortsat

Højt tvangskinneprofil anskaffes til dobbeltkrydsninger, tvangskinneprofil UIC 33 anskaffes til alle enkeltkrydsninger.

Yderligere beskrivelse af de enkelte sporskiftekomponenter findes i tillæg 4A.

I hovedspor og togvejsspor anvendes i dag sporskiftesveller af beton, eg, fyr og azobe. Azobe er en tropisk træsort med højestyrkeparametre. I andre spor anvendes normalt sporskiftesveller af fyr.

Svellelængder og svellefordeling ved de forskellige sporskiftetyper fremgår af normaltegninger for de enkelte sporskiftetyper.

4.09.7
Omstilling og aflåsning

Sporskiftets bevægelige tungeparti omstilles fra kørsel i stamsporet til kørsel i det afvigende spor ved hjælp af et elektrisk eller mekanisk sporskiftedrev.

Af sikkerhedsgrunde skal tungepartiet holdes aflåst efter omstilling til den ønskede togvej.

I tillæg 4A er drevomstilling og aflåsning beskrevet mere detaljeret.

4.09.8
Håndtering

Nærmere beskrivelse af håndtering af sporskifter ved oplagring, transport og indlægning fremgår af tillæg 4A.

4.09.9
Genanven• delse

Sporskifter eller dele heraf, som efter vurdering kan genanvendes, skal opfylde tolerancerne i BN2-15 "Projektering, etablering, tilstand og vedligeholdelse af sporskifter og sporskæringer".

4 Overbygning

4.10 Sporskæringer

Reglerne for sporskæringer er givet i banenorm BN2-15 "Projektering, etablering, tilstand og vedligeholdelse af sporskifter og sporskæringer", hvortil der henvises.

4 Overbygning
4.11 Anvendelsesbetingelser for overbygningskonstruktioner

4.11.1 Hovedspor og gennem-kørselsspor

Følgende overbygningskonstruktioner skal normalt anvendes ved sporombygning og nyanlæg
- Dm (DSB45), nye skinner
- Dm (UIC60), nye skinner
- Dm (DSB45), br æ skinner
- Dm (UIC60), br æ skinner
-

Brugelige ældre (br æ) skinner må kun anvendes uden høvling, hvis der er tale om langskinner, som flyttes direkte til genanvendelsesstedet. Skinnernes tilstand skal vurderes i hvert enkelt tilfælde. I alle andre tilfælde skal br æ skinner være høvlede.

Det fremgår af bilag til 5-årsplan for sporombygning hvilke overbygningstyper, som skal anvendes.

I stærkt kurvet spor med R < 450 m må undtagelsesvis anvendes Cf (UIC60) eller Cf (DSB45) overbygning, jf afsnit 4.11.5.

Undtagelsesvis må nedennævnte overbygningskonstruktioner anvendes på kortere strækninger
- Dt (DSB45)
- Dt (DSB60)
- Dt (UIC60)
- Cf (DS45)
- Cf (UIC60)
- Cfz (DSB45)
- Cfz (UIC60)
- Dtz (DSB60)
- Dtz (UIC60)

Eksempler på undtagelser
- På perroner med ringe ballasttykkelse
- Under broer, hvor der er ringe ballasttykkelse
- I perronspor på større stationer, hvor afvandingsforholdene er vanskelige
- På korte sporstykker mellem sporskifter

4.11.2 Øvrige spor

I øvrige spor skal ved sporombygning og nyanlæg normalt anvendes skinnetype DSB45.

I togvejsspor, gennemkørselsspor undtaget, anvendes normalt br æ 1. sort eller 2. sort efter sporets betydning.

I andre spor anvendes 1. sort, 2. sort eller 3. sort efter sporets betydning.

I stærkt benyttede spor med lille radius kan anvendes en bedre sort evt nye skinner.

4 Overbygning
4.11 Anvendelsesbetingelser for overbygningskonstruktioner

4.11.2 fortsat

Br æ skinner DSB60 eller UIC60, som ikke finder anvendelse i hovedspor eller gennemkørselsspor, kan af banetjenesten besluttes anvendt i stærkere trafikerede vigespor eller sidespor.

I vigespor på stationer anvendes overbygningstyperne Dm og Dt. I sporskiftezoner anvendes i stykker indtil 100 m Cfl-overbygning. I stærkt trafikeret spor med lille radius kan anvendes Cf-overbygning.

I sidespor anvendes overbygningstyperne Dt og Bt.

Cf- og Dm-overbygning må undtagelsesvis anvendes.

Mindre skinneprofil end type DSB45 udveksles lejlighedsvis med type DSB45.

4.11.3 Skinnetyper i Sporskifter

Reglerne om skinnetyper i sporskifter er givet i banenorm BN2-15 ”Projektering, etablering, tilstand og vedligeholdelse af sporskifter og sporskæringer”, hvortil der henvises.

4.11.4 Sporskifte-Typer

Reglerne om sporskiftetyper er givet i banenorm BN2-15 ”Projektering, etablering, tilstand og vedligeholdelse af sporskifter og sporskæringer”, hvortil der henvises.

4.11.5 Minimums-radius i langskinne-spor

Regler for kurvers minimumsradius i langskinnespor er givet i BN1-66 ”Langskinnespor. Spændingsudligning og indgreb i spændingsudlignet spor", hvortil der henvises.

4.11.6 DSB45 skinner, tilladelig hastighed og aksellast

For alle overbygningstyper i spor og sporskifter med skinnetype DSB45 tillades følgende kombination af hastighed og aksellast:

- Hastighed V ≤ 120 km/h samt aksellast A ≤ 22,5 tons

For overbygningstype Db, Dbg, Dbn, Dbr, Dbs og Dm i spor med skinnetype DSB45 tillades følgende kombinationer af hastighed og aksellast:

- Hastighed 120 < V ≤ 140 km/h samt aksellast 18,0 < A ≤ 20,0 tons
- Hastighed 140 < V ≤ 160 km/h samt aksellast A ≤ 18,0 tons

4 Overbygning

Sporregler afsnit 4, fra side 7 til og med side 10 udgår

4 Overbygning
4.16 Sporstoppere

Regler vedr anvendelse og dimensionering af sporstoppere er givet i BN1-95 ”Sporstoppere”, hvor til der henvises

4.16 Sporstoppere

5 Udførelse af sporarbejder
5.08 Sporskifters bygning og indlægning

Reglerne om sporskifters bygning og indlægning er givet i BN2-15 "Projektering, etablering, tilstand og vedligeholdelse af sporskifter og sporskæringer", hvortil der henvises.

5 Udførelse af sporarbejder
5.08 Sporskifters bygning og indlægning

Sporregler afsnit 5.08 siderne fra side 2 til og med side 4 udgår

5 Udførelse af sporarbejder
5.12 Diverse

5.12.1 Sporstoppere

Regler vedrørende placering og anvendelse af sporstoppere er givet i BN1-95 ”Sporstoppere”, hvor til der henvises

6 Sporvedligeholdelse
6.01 Vedligeholdelsens mål og principper

6.01.1 Generelt

Ved vedligeholdelsen af sporet skal det sikres, at sporet med sikkerhed kan befares med den tilladte hastighed og akselast.

Baner med persontrafik skal endvidere vedligeholdes, så operatørerne har mulighed for at transportere passagererne med en passende komfort.

Der er i de følgende afsnit fastlagt regler for tilladte afvigelser – ofte gradueret efter sporbenævnelse, hastighed, skinnetyper eller andet. For almindeligt spor henvises til reglerne i Banenorm BN1-38 „Sporbeliggenhedskontrol og sporkvalitetsnormer". For sporskifter og sporskæringer gælder endvidere nogle supplerende vedligeholdelseskrav, som er angivet i afsnit 6.10.

6 Sporvedligeholdelse
6.02 Skinner

6.02.1 Skinneslid

Regler om skinneslid er beskrevet i BN1-107 "Skinner, eftersyn og tilstand", hvortil der henvises.

6.02.2 Rifler og bølger

Regler om rifler og bølger er beskrevet i BN2-47" Rifler og bølger samt skinneslibning", hvortil der henvises.

6.02.3 Skinneslibning

Regler om skinneslibning er beskrevet i BN2-47" Rifler og bølger samt skinneslibning", hvortil der henvises.

6.02.4 Skinnebrud og andre fejl

Regler om skinnebrud og andre fejl er beskrevet i BN1-107 "Skinner, eftersyn og tilstand", hvortil der henvises.

6.02.5 Skinneudveksling

Regler om skinneudveksling er beskrevet i BN1-107 "Skinner, eftersyn og tilstand", hvortil der henvises.

6 Sporvedligeholdelse
6.02 Skinner

I afsnit 6 udgår siderne 4-6

6 Sporvedligeholdelse
6.03 Stødpleje

6.03.1 Stødjustering og stødopretning

Skinnestødene er et svagt led i sporkonstruktionen, som skal overvåges nøje og vedligeholdes omhyggeligt.

Det er vigtigt, at vedligeholdelsen af stødene sættes ind så tidligt som muligt for at undgå blivende skader.

Kontrollen med stødenes tilstand sker ved hjælp af

- måledræsinediagrammer
- manuelle målinger i forbindelse med besigtigelse af stødet.

På diagrammerne kan nedbøjningen i stødet under let belastning måles.

Ved manuelle målinger af stødet med lineal og søgerblade er det muligt at måle, hvor stor en del af nedbøjningen, som er blivende.

Vurderet på grundlag af måledræsinediagram skal vedligeholdelse af stødet iværksættes senest, når udslaget er 7,5 mm målt spids-spids.

Vedligeholdelsesarbejdet kan efter omfang opdeles i

- stødjustering
- stødopretning.

Såfremt stødets blivende nedbøjning er mindre end 3 mm, kan vedligeholdelsesarbejdet begrænses til en stødjustering, i modsat fald er det nødvendigt med en stødopretning.

Stødjustering er det arbejde, som alene består i en løftning og understopning eller pladeindlægning i stødet.

Understopningen kan udføres med automatisk stoppemaskine, stoppeaggregat Enerco RT5, eller med håndstoppeværktøj. Ved stødjusteringen løftes stødet, så det får et overløft på 2 - 3 mm.

Det er normalt ikke tilstrækkeligt at justere stødene alene ved den gennemgående højdejustering.

Pladeindlægning i stedet for understopning kan foretages, hvis sporkonstruktionen er indrettet til dette. Som plader anvendes nylon- eller jernplader i forskellige tykkelser. Det kan være nødvendigt også at indlægge plader på nabosvellerne.

Kan stødet ikke forbedres tilstrækkeligt ved stødjustering på grund af en blivende formforandring af stødet, skal der ske en stødopretning.

Stødopretning er det arbejde, som udover understopning eller pladeindlægning omfatter bearbejdning af enkeltdele i stødkonstruktionen.

Bearbejdningen kan bestå i en behandling af laskerne, retning af skinneenderne, fjernelse af næb, pålægssvejsning eller indsvejsning af nyt stød. Det vil ofte være nødvendigt at iværksætte flere af disse bearbejdninger samtidigt.

6.03.2 Uisolerede skinnestød

Uisolerede skinnestød kan enten være almindelige laskede skinnestød eller klæbede stød, udført på stedet.

For laskede skinnestød i hovedspor og togvejsspor gælder, at lasker og bolte skal aftages og smøres mindst én gang hvert andet år i forbindelse med en stødjustering.

Som afslutning på hver stødjustering efterspændes laskesystemet.

Klæbede stød, som er uisolerede, anvendes især i forbindelse med manganstålkrydsninger, idet man ikke kan sammensvejse de to forskellige stålsorter.

Eftersyn af uisolerede klæbede stød skal ske i forbindelse med de faste periodiske eftersyn af sporskiftet, jf afsnit 6.10.2.

6 Sporvedligeholdelse
6.03 Stødpleje

6.03.3
Isolerede skinnestød

Isolerede skinnestød indlægges for at skabe en sporisolation, som er et kortere eller længere sporstykke, hvori den ene eller begge skinnestrenge er elektrisk adskilt fra de tilstødende skinner.

Isolerede skinnestød er normalt isolerklæbestød, men kan også være isolerede stød, som er fremstillet ved, at laskerne er afhøvlet og forsynet med et løst indlagt isolermellemlæg. Sidstnævnte type skinnestød har en dårligere bæreevne end almindelige laskede skinnestød, men vedligeholdes på samme måde, jf afsnit 6.03.2.

Isolerklæbestød kan være udført på stedet, men kan også være fabriksfremstillede klæbestød. Isolerklæbestød skal efterses mindst én gang hver tredie måned, og hvis der er tendens til udbøjning nedad eller til siden, skal der foretages stødjustering eller stødopretning i overenstemmelse med reglerne i afsnit 6.03.1.

Endvidere skal efterses, om der er ved at danne sig metallisk forbindelse mellem de to skinneender, f eks ved næbdannelse eller ved aflejring af jerndele over isolationsdelene. Sådanne fejlårsager skal fjernes så tidligt, at kortslutning af stødet kan undgås.

Bolte i isolerklæbestød skal ikke efterspændes.

6.03.4
Midlertidige skinnestød

Ved skinnestød, hvor der senere skal svejses, og hvor der derfor ikke er boret laskeboltehuller, udføres midlertidige skinnestød.

Alle midlertidige stød skal tilses mindst én gang dagligt.

Hvis det midlertidige stød skal ligge i mere end én uge under trafikbelastning, skal stødet understøttes med klodser og kiler.

6.03.5
Regulering af stødspillerum

Som følge af kræfter i sporets længderetning, bevæger skinnerne sig på langs af sporet, såkaldt skinnevandring. Derved opstår på de steder, hvor stødspillerummene bliver mindre, risiko for farlige længdespændinger i skinnerne.

Skinnevandringen kan vise sig ved, at stødmellemrummet ikke ligger midt over stødsvellerne, at stødspillerummene er for små/store i forhold til temperaturen, ved uregelmæssig svellebeliggenhed, eller ved slip mellem svellesiderne og ballasten.

I hovedspor og togvejsspor skal der foretages eftersyn af stødspillerummene én gang årligt under ensartede temperaturforhold. Bliver der herved konstateret, at der er sket en skinnevandring, skal der foretages en nøjagtig måling af stødspillerummene.

Såfremt målingen viser, at stødspillerummenes gennemsnitlige størrelse over en sporlængde på 300 m er ændret med mere end 25 % i forhold til normalværdierne, som fremgår af tillæg 6C, skal en regulering foretages. Målingerne skal ske ved en skinnetemperatur i intervallet 5 - 15°C.

Ved for lille stødspillerum skal, indtil regulering er foretaget, udvises særlig agtpågivenhed på disse delstrækninger, når skinnetemperaturen overstiger 30°C.

Man må ved overvågningen være opmærksom på, at laskerne kan overføre store kræfter, også selv om der er luft imellem skinneenderne.

Hvis der på strækninger, hvor skinnevandring forekommer, findes isolerede stød, skal det overvåges, at kabelforbindelser til stødet ikke rives over på grund af vandringen.

Forebyggelse af skinnevandring samt retningslinier for justering af stødspillerummene fremgår af tillæg 6C.

6 Sporvedligeholdelse
6.06 Sporvidde

Reglerne for sporvidde er givet i Banenorm BN1-38 „Sporbeliggenhedskontrol og sporkvalitetsnormer", hvortil der henvises.

6 Sporvedligeholdelse
6.08 Sporets justering og stabilisering

Reglerne for justering og stabilisering er givet i Banenorm BN1-38 „Sporbeliggenhedskontrol og sporkvalitetsnormer", hvortil der henvises.

6 Sporvedligeholdelse
6.09 Spor i varmt og koldt vejr

Afsnit 6/side 18 udgået

6.09.1 Solkurver

Regler for solkurver er beskrevet i BN1-66 ”Langskinnespor. Spændingsudligning og indgreb i spændingsudlignet spor”, hvor til der henvises.

6.09.2 Tilsyn og hastighedsnedsættelse

Regler for tilsyn og hastighedsnedsættelse er beskrevet i BN1-66 ”Langskinnespor. Spændingsudligning og indgreb i spændingsudlignet spor”, hvor til der henvises.

6.09.3 Sporarbejder i varmt og koldt vejr

Risikoen for dannelse af solkurver kan øges væsentligt som følge af igangværende eller udførte sporarbejder.

Udførelse af arbejder ved stærk varme eller forventet stærk varme skal vurderes nøje inden igangsætning, hvis arbejderne reducerer sporets modstandsevne mod solkurver. Vurderingen skal ske ved en helhedsbedømmelse under hensyn til såvel arbejdets art som sporets tilstand og de lokale forhold.

Ved skinnetemperatur over 35 °C må kun udføres sporarbejder, som øger stabiliteten, f eks efterspænding og ballastsupplering.

Arbejdet skal udføres af personale, som er instrueret i spors opførsel under høje temperaturer.

I tillæg 6E er reglerne for sporarbejder i varmt og koldt vejr samlet i et temperaturoversigtsskema.

Regler for sporjustering og største hastighed efter sporjustering i relation til sporarbejder i varmt og koldt vejr er beskrevet i BN1-38 ”Sporbeliggenhedskontrol og sporkvalitetsnormer”, hvor til der henvises.

6 Sporvedligeholdelse

6.10 Sporskifter og sporskæringer

Reglerne om sporvedligeholdelse i forbindelse med sporskifter og sporskæringer er givet i

banenorm BN1-14 "Projektering, tilstand og eftersyn af sporskifter og sporskæringer"

og

banenorm BN2-15 "Projektering, etablering, tilstand og vedligeholdelse af sporskifter og sporskæringer"

hvortil der henvises.

6 Sporvedligeholdelse

Sporregler afsnit 6 siderne fra side 20 til og med side 24 udgår

Tillæg 0
Indholdsfortegnelse for tillæg

Tillæg

1	**Indledning**
1A	Retningslinier for skrivning og revision af sporregler
2	**Sporets tracé**
2A	Baggrund for sporgeometriske regler
2B	Overhøjde og kørehastighed i U-krummede sporskifter
2C	Kurver og overgangskurver
2D	Overgangskurveformer
2E #	Udformning og beregning af overhøjderamper
2F	Ikke sammenfaldende overgangskurve og overhøjderampe
2G	Vejledning til fastsættelse af afrundingskurvers tangentlængde
3	**Underbygning**
3A	Figur 1-2-3 vedrørende tværprofiler for nyanlæg og større sporombygninger
3B	Figur 1 og 2 vedrørende tværsnit med stålmast hhv gittermast
3C	Tværprofil for havne-, side- og firmaspor
3D	Figur 1-2-3-4 vedrørende langsgående dræn på fjern- og S-baner
3E	Figur 1 og 2 vedrørende dræning på stationsplads og drænrende
3F	Figur 1 Afvanding af sporskifte (udgår) og figur 2 vedrørende afvanding af rilleskinnespor
3G	Ledning i beskyttelsesrør
3H	Figur 1 og 2 vedrørende skinneafstivning
3J	Udgravningsprofil
4	**Overbygning**
4A	Sporskifter
5	**Udførelse af sporarbejder**
6	**Sporvedligeholdelse**
6A	Skinneslid og skinneudveksling
6B	Udbedring af skinnefejl
6C	Justering af stødspillerum
6D	Forberedelse og udførelse af justeringsarbejde
6E	Solkurver
6F	Sporskiftekort
6G	Justering af sporskifter
6H	Kvalitetsberegningssystem for sporkvalitet
6I	Målehyppighed for togvejsspor, hvor V ≤ 40 km/h

#) Ændret ved denne revision

Retningslinier for skrivning og revision af sporregler

Generelt

Nærværende retningslinier beskriver regler for layout og opbygning af sporregler.

Ved udarbejdelse af nye afsnit samt revision af sporregler skal disse retningslinier benyttes. For at minimere redigerings- og omskrivningsarbejdet skal retningslinierne benyttes tidligst muligt i sporregelarbejdet.

I de tilfælde, hvor retningslinierne ikke umiddelbart er dækkende, vil forslag til layout og opbygning blive foreslået af den revisionsansvarlige i banetjenesten.

Format og fremstilling

Sporreglerne vil blive udsendt til høring og kritik i en midlertidig maskinskreven udgave, som skrives og lagres på tekstbehandlingsmedie. Denne midlertidige udgave udsendes som fotokopier i A4-format, trykt på en side.

Den endelige udgave af sporregler, der udarbejdes efter afslutning af kritikperioden, fremstilles som offsett tryk, trykt på begge sider, med anvendelse af skrifttypen Helvetica. Denne udgave udgives i A4-format, forberedt for nedfotografering til A5 og samles i sorte ringbind med tilhørende sorte faneblade.

Regelstof og tillægsstof

Sporreglerne er opdelt i egentligt regelstof og i tillægsstof (f eks arbejdsbeskrivelser, vejledninger, regneeksempler eller teoretisk lærebogsstof). Regel- og tillægsstoffet er adskilt i to selvstændige ringbind.

Regelstoffet opdeles i

- hovedafsnit (eks, afsnit 2)
- underafsnit (eks, afsnit 2.04)
- delafsnit (eks, afsnit 2.04.3).

Tillægsstoffet er knyttet til de enkelte hovedafsnit. Tillæggene nummereres fortløbende i hovedafsnittene (eks, fra tillæg 2A til 2Z).

Til opdeling i hovedafsnit i såvel regel- som tillægsstof benyttes sorte faneblade med hvid tekst.

Alle underafsnit og tillæg begynder på ny side.

Hoved- og underafsnit i regelstoffet skrives som overskrifter og må ikke indeholde tekstafsnit. Generel tekst skrives i delafsnit.

Inddeling af normalsiden

Inddeling af normalsiden er vist på tillæggets sidste 2 sider for henholdsvis

- regelstof, højre og venstre side
- tillægsstof, højre og venstre side.

De angivne marginbredder, rammer for tekst og angivelse af afsnitsnummerering skal overholdes for såvel den endelige som den midlertidige udgave.

I den midlertidige udgave af sporreglerne benyttes udelukkende højresider.

--

Skrifttyper

I den endelige udgave af sporreglerne benyttes skrifttypen Helvetica efter følgende retningslinier

- til overskrifter i underafsnit samt hovedoverskrift i tillæg benyttes 12 pkt medium Helvetica
- til overskrifter i delafsnit samt overskrifter i tillæg benyttes 10 pkt medium Helvetica
- til løbende tekst benyttes 10 pkt light Helvetica. Ønskes tekst fremhævet benyttes 10 pkt light Italic Helvetica
- til figurnummerering benyttes 10 pkt light Helvetica, til figurtekst 10 pkt light Italic Helvetica
- afsnits-, tillægs-, og sidenumre, udgavedato- og revisionsnummer på normalsiden fremhæves med 10 pkt medium Helvetica
- hovedet på normalsiden »Sporregler« skrives med 12 pkt medium Helvetica
- formler skrives som løbende tekst med 10 pkt light Helvetica.

Den midlertidige udgave af sporreglerne skrives som nævnt på tekstbehandlingsanlæg. Der er ingen specielle retningslinier for valg af skrifttype. Alle øvrige retningslinier i dette tillæg skal følges ved fremstilling af den midlertidige udgave.

Nummerering

Sider, formler og figurer (NB! tabeller og skemaer kaldes også figurer) nummereres fortløbende i de enkelte hovedafsnit.

Henvisning til afsnit, formel eller figur sker ved angivelse af afsnitsnummer samt det aktuelle formel- eller figurnummer.

I tillægsstoffet nummereres sider og figurer fortløbende i hvert tillæg. Formler nummereres ikke i tillæg.

På alle sider i sporreglerne inkl tillæggene angives revisionsnummer, løbenummer og udgavedato. Revisionsnumre er fortløbende fra 1. Første udgave skrives uden revisionsnummer.
Hver enkelt side påføres et løbenummer, fortløbende i den rækkefølge de udsendes.

I vejledningsstoffet angives foruden tillægsnummer også hvilket underafsnit i regelstoffet, tillægget refererer til.

Linieafstand

Løbende tekst skrives som denne tekst med normal linieafstand.

Der benyttes generelt dobbelt linieafstand mellem tekstafsnit (ved ny linie).

Ved 1. tekstafsnit i et delafsnit (efter overskrift) skal tilsvarende benyttes dobbelt linieafstand.

Der benyttes 3-dobbelt linieafstand til nyt delafsnit efter foranstående sidste tekstafsnit. Denne regel er også gældende for underafsnit uden tekstafsnit.

Formler skal betragtes som nyt og selvstændigt tekstafsnit, dvs som et minimum benyttes dobbelt linieafstand før og efter formlen.

Figurer og figurtekst indpasses i teksten efter ovenævnte retningslinier.

Retningslinierne er gældende for såvel regel- som tillægstof.

Øvrige retningslinier

Hvis ord eller sætninger ønskes oplistet eller fremhævet i en rækkefølge, kan der benyttes indrykninger med pinde, som f eks

- stenballasterede baner.

Ønskes henvist til et andet afsnit (under- eller delafsnit) benyttes jævnfør afsnit (eks, jf afsnit 2.04 Overhøjder).

Fordeling

Nye og reviderede underafsnit og tillæg til sporregler fordeles af btj til følgende tjenestesteder i det anførte antal

- Antal eksemplarer til

1 Gdrsek
2 Apafd
3 Bafd
4 Mafd
5 Pafd (DSB-skolen)
6 Øafd
7 Eksterne

- Bafd,s eksemplarer fordeles til

1 direktøren
2 bsek
3 POFF
4 atj
5 btj
6 bgtj
7 eko
8 eltj

- Btj,s eksemplarer fordeles til

1 oing
2 btj (sek)
3 sping Kh
4 spingAr
5 sving
6 btrkt
7 boKh
8 boNæ
9 boFa
10 boAr
11 bo Hr
12 fo Ro
13 fo Fa

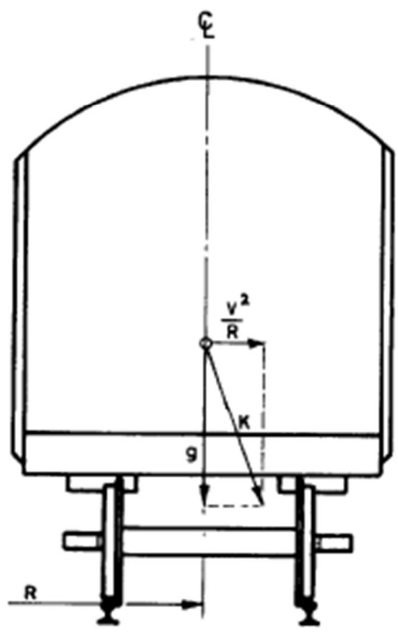
Intern fordeling påhviler de enkelte tjenestesteder.

Baggrund for sporgeometriske regler

Afbalancerende overhøjde

Ved kørsel på ret spor påvirkes materiellet teoretisk kun af den lodret virkende tyngdeacceleration.

Ved kørsel i en cirkelbue, påvirkes materiellet både af tyngdeaccelerationen og af centrifugalaccelerationen. Centrifugalaccelerationen virker horisontalt bort fra kurvecentrum, jf figur 1.



V = materiellets hastighed

g = tyngdeaccelerationen

R = kurveradius

$\frac{V^2}{R}$ = centrifugalaccelerationen

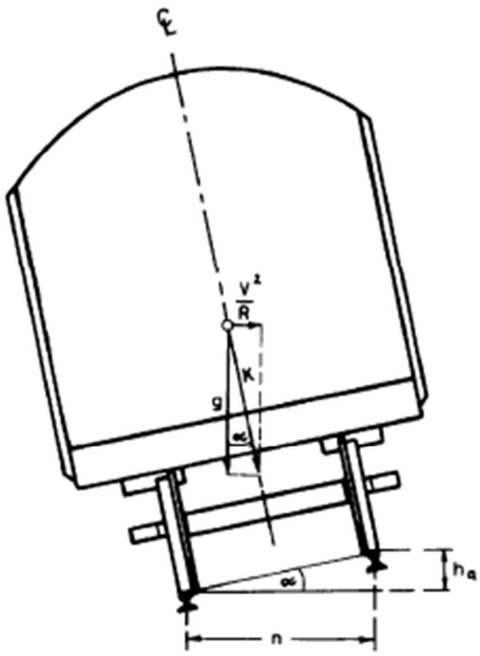
K = resultanten af tyngde- og centrifugalaccelerationen

Figur 1. *Påvirkninger på materiellet ved kørsel i en cirkelbue uden overhøjde.*

Tyngde- og centrifugalaccelerationen påvirker materiel og sporkonstruktion. Centrifugalaccelerationen bliver større med voksende hastighed og aftagende kurveradius.

For at kompensere for centrifugalaccelerationens påvirkninger, og derved reducere komfort- og slitageproblemer, kan vognens hældning ændres således, at resultantens retning er sammenfaldende med vognens centerplan.

Ved at løfte den ydre skinnestreng kan vognen få den ønskede hældning, jf figur 2.



α = vinkel mellem resultanten K og tyngdeacceleration g

$\frac{V^2}{R}$ = centrifugalaccelerationen

h_a = afbalancerende overhøjde

n = sporvidde

Figur 2. *Afbalancerende overhøjde.*

Den afbalancerende overhøjde, jf figur 2, kan bestemmes til

$$\tan \alpha = \frac{h_a}{n} = \frac{\frac{V^2}{R}}{g} \text{ dvs } h_a = \frac{V^2 n}{R\,g} \qquad \text{(m)}$$

Med V i km/h og R i m, kan h_a bestemmes til (idet g = 9,81 m/s² og n sættes lig 1500 mm)

$$h_a = \frac{1}{12{,}96}\,\frac{V^2}{R}\,\frac{1500}{9{,}81} = 11{,}8\,\frac{V^2}{R} \qquad \text{(mm)}$$

Normalt har man ikke fuldt afbalancerende overhøjde, men overhøjdeunderskud.

$$I = h_a - h = 11{,}8\,\frac{V^2}{R} - h \qquad \text{(mm)}$$

eller overhøjdeoverskud

$$E = h - h_a = h - 11{,}8\,\frac{V^2}{R} \qquad \text{(mm)}$$

Sideacceleration

Centrifugalaccelerationen også kaldet sideaccelerationen kan teoretisk bestemmes til

$$a = \frac{V^2}{12{,}96\,R} = \frac{g\,h_a}{n} = \frac{9{,}81\,h_a}{1500} = \frac{h_a}{153} \qquad (\text{m/s}^2)$$

Ved overhøjdeunderskud kan den uafbalancerede sideacceleration bestemmes til

$$a = \frac{h_a}{153} - \frac{h}{153} = \frac{1}{153}\left(11{,}8\frac{V^2}{R} - h\right) = \frac{I}{153} \qquad (m/s^2)$$

Man kan således benytte overhøjdeunderskuddet som et mål for den uafbalancerede sideacceleration.

Der er i dette tilfælde ikke taget hensyn til vognkassens krængning i forhold til boggierne.

Ryk

Tilsvarende kan ændring af overhøjdeunderskuddet pr tidsenhed benyttes som et mål for ændring af sideaccelerationen pr tidsenhed. Passagererne opfatter denne ændring som et vandret ryk.

Ændringen af overhøjdeunderskuddet pr sekund - »rykket« - ved kørsel gennem sporlængden L (m) med hastigheden V (km/h) kan bestemmes til

$$\frac{dI}{dt} = \frac{I\ V}{3{,}6\ L} \qquad (mm/s)$$

Hvis L er længden af en overgangskurve med klotoideform, kan den absolut mindste overgangskurvelængde for størst tilladelige dI/dt bestemmes til

$$L = \frac{I\ V}{3{,}6\ \frac{dI}{dt}} \qquad (m)$$

Rampestigningshastighed

Rampestigningshastigheden defineres som ændringen af overhøjden pr tidsenhed.

Ændringen af overhøjden pr sekund ved kørsel gennem sporlængden L (m) med hastigheden V (km/h) kan bestemmes til

$$\frac{dh}{dt} = \frac{h\ V}{3{,}6\ L} \qquad (mm/s)$$

Hvis L er længden af en retlinet overhøjderampe, kan den absolut mindste rampelængde for størst tilladelige dh/dt bestemmes til

$$L = \frac{h\ V}{3{,}6\ \frac{dI}{dt}} \qquad (m)$$

Påvirkninger på spor og materiel

Kurveradius

Der fastlægges minimumsværdier for en cirkelbues kurveradius af hensyn til sporets sikkerhed og begrænsning af slitage på spor og materiel.

Kurveradius begrænses nedefter under hensyntagen til

- sporets anvendelse (bruttotonbelastning, hastighed, hovedspor/sidespor}
- materiellet, som befarer sporet (2- eller 4-akslede vogne}

For langskinnespor fastlægges specielle minumumsværdier for at minimere risikoen for solkurver.

Der henvises i øvrigt til sporregler afsnit 2.02.2 - 2.02.4.

Overhøjde

Der fastlægges maksimumsværdier for overhøjde under hensyntagen til

- tog, som må holde stille
- ballasttype (sten/grus)
- perroner
- overkørsler

Der henvises i øvrigt til sporregler afsnit 2.03.4, 2.03.5 og 2.03.7.

Overhøjdeunderskud

Med voksende overhøjdeunderskud vil sideaccelerationen give gener i form af

- hjulflange- og skinneslid ved ydre skinnestreng
- komfortgener for passagerer
- risiko for sideforskydning af sporet
- risiko for, at hjulflangen klatrer over yderskinnens hoved (afsporing}
- risiko for, at materiellet vælter

Hjulflange- og skinneslid kan have betydning ved stort overhøjdeunderskud, men er overvejende afhængig af kurveradius og materiellets stivhed. Slitagen vil tiltage med aftagende kurveradius og tiltagende stivhed i længderetningen for materiellet.

Passagererne udsættes ved kørsel i kurver med overhøjdeunderskud for den uafbalancerede sideacceleration

$$a_m = \frac{I}{153}(1 + k) = a(1 + k) \qquad (m/s^2)$$

Størrelsen a er den teoretiske sideacceleration. Krængningskoefficienten k beskriver vognkassens krængning i forhold til boggierne. Størrelsen af krængningskoefficienten vil afhænge af fjederstivhed og vognkassens tyngdepunktshøjde.

Er vognkassen ophængt i en fuldstændig stiv affjedring kan krængningskoefficienten sættes lig 0. Ofte vil krængningskoefficienten ligge i intervallet fra 0,2 til 0,5.

Krængningskoefficienten benævnes også rulningsvinkelkoefficienten.

Den størrelse af sideaccelerationen, som føles acceptabel af passagererne er afhængig af, om de går, står eller sidder i toget. Svenske undersøgelser viser, at 20 % af passagererne føler kørslen ukomfortabel ved følgende uafbalancerede sideaccelerationer

- 0,9 m/s^2 for gående
- 1,0 m/s^2 for stående
- 1,4 m/s^2 for siddende

Med en krængningskoefficient på 0,3 (svarende til en anslået værdi for en dansk Bn-vogn) kan en øvre grænse for overhøjdeunderskuddet beregnes til

	gående	stående	siddende
a_m (m/s^2)	0,9	1,0	1,4
k	0,3	0,3	0,3
I_{max} (mm)	106	118	165

Ovenstående eksempel viser, at en øvre grænse for overhøjdeunderskuddet er på ca 100 mm, under hensyntagen til de komfortgener, man under normale forhold kan udsætte gående passagerer for.

Antager overhøjdeunderskuddet større værdier vil risikoen for sideforskydning af sporet, afsporing og væltning indtræffe.

Fænomenerne vil sædvanligvis indtræffe i den angivne rækkefølge og ved følgende grove tilnærmelsesværdier for overhøjdeunderskuddet

- sideforskydning af sporet $I > 200$ mm
- afsporing $I > 300$ mm
- væltning $I > 500$ mm

Ved valg af en øvre grænse for overhøjdeunderskuddet er sikret tilstrækkelig afstand til ovennævnte værdier.

Der henvises i øvrigt til sporregler afsnit 2.03.2 - 2.03.5.

I u-krummede (modkrummede) sporskifter vil store overhøjdeunderskud give uacceptable hårde slag mod den virksomme tvangskinne.

Hjulsættet vil ved kørsel gennem sporskiftet ligge an mod den ydre skinnestreng modsat tvangskinnen og vil, når det møder denne blive rykket ind til den indre skinnestreng (et ryk på op til ca 20 mm). Virkninger af dette ryk er tiltagende ved voksende hastighed.

Der henvises i øvrigt til sporregler afsnit 2.03.6.

Overhøjdeoverskud

Overhøjdeoverskud forekommer oftest for godstog, som fremføres med lav hastighed på persontrafikbaner.

Med voksende overhøjdeoverskud vil resultanten af tyngde- og sideaccelerationen medføre øget belastning og dermed større slitage på den indre skinnestreng. Belastningen kan i værste fald medføre udvalsning og knusning.

Der henvises i øvrigt til sporregler afsnit 2.03.4.

Ryk

Det er udelukkende af komforthensyn, at der må fastsættes grænser for ryk. Mens en forholdsvis stor sideacceleration kan accepteres, er pludselige ændringer af denne særdeles ubehagelige.

Svenske undersøgelser viser, at 20 % af passagererne følger kørslen ukomfortabel ved følgende værdier for rykket da/dt

- 0,35 m/s^3 for gående
- 0,65 m/s^3 for stående
- 0,95 m/s^3 for sidende

Sammenhængen mellem ændringen af overhøjdeunderskuddet pr sekund og rykket er

$$\frac{dl}{dt} = \frac{153\frac{da}{dt}}{(1 + k)} \qquad (mm/s)$$

Med en krængningskoefficient på f eks 0,3 kan en øvre grænse for dl/dt i klotoidekurver beregnes til

	gående	stående	sidende
da/dt (m/s^3)	0,35	0,65	0,95
k	0,3	0,3	0,3
dl/dt (mm/s)	41	77	112

Der henvises i øvrigt til sporregler afsnit 2.05.2 - 2.05.3.

For kurver uden overgangskurver med pludselig krumningsændring bliver dl/dt uendelig stor. I sådanne tilfælde fastsættes andre grænser for dl/dt, jf tillæg 2C.

Rampestigningshastighed

Med voksende rampestigningshastighed vil der opstå

- komfortgener for passagererne
- risiko for afsporing

Tiltagende rampestigningshastighed medfører tiltagende vinkelhastighed af vognen om dens længdeakse med deraf følgende forringet kørekomfort.

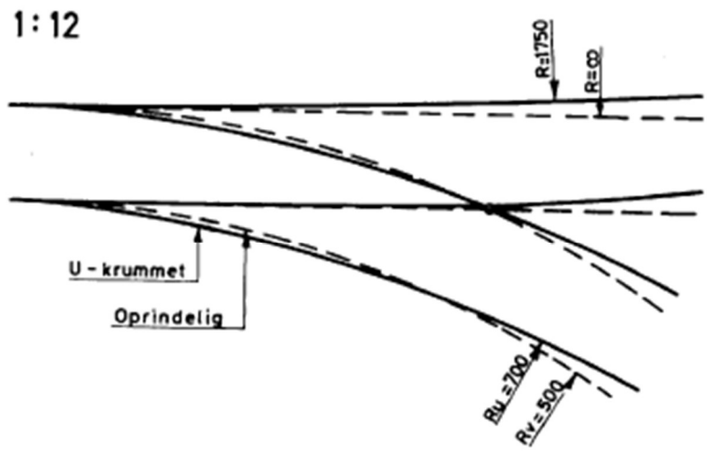
Tilsvarende forøges skævbelastningen af hjulene som følge af vindskævheden med deraf følgende risiko for afsporing.

Der henvises i øvrigt til sporregler afsnit 2.06.2 - 2.06.4.

Overhøjdeforhold og kørehastighed i u-krummede sporskifter

Beregningseksempel

På en strækning med strækningshastighed V > 100 km/h skal der indlægges et u-krummet sporskifte 1:12 i en kurve med kurveradius R = 1750 m, jf figur 1.



Figur 1. *U-krummet sporskifte 1:12*

Symboler:	V	(km/h)	hastighed i stamspor
	V_v	(km/h)	hastighed i afvigende spor, her 60 km/h
	R	(m)	radius i stamspor, her 1750 m
	R_v	(m)	radius i afvigende spor før krumning, her 500 m
	R_u	(m)	radius i afvigende spor efter krumning
	h	(mm)	overhøjde

Radius i afvigende spor efter krumning bestemmes jf afsnit 4.09.5 tilnærmet til

$$R_u = \frac{R\ 500}{R - 500} = 700 \text{ m}$$

Det afvigende spors negative overhøjde er tilladt, jf formel (10) i afsnit 2.03.6, når

$$h \leq 100 - 11{,}8\ \frac{V_u^2}{R_v} \text{ dvs } h \leq 100 - 11{,}8\ \frac{60^2}{700} = 39{,}3 \text{ mm}$$

- h vælges til 35 mm (et multiplum af 5mm)

Maksimal hastighed i stamsporet bestemmes ved hjælp af formel (5) i afsnit 2.03.4, idet overhøjdeunderskuddet I sættes til 80 mm, jf afsnit 2.03.6

$$h = 11{,}8 \frac{V^2}{R} - 80 \quad \text{dvs} \quad V \leq \sqrt{(h + 80) \frac{R}{11{,}8}} \quad \text{dvs}$$

$$V \leq \sqrt{(35 + 80) \frac{1750}{11{,}8}} = 130{,}6 \text{ km/h}$$

- V vælges til 130 km/h

Ønskes hastigheden i stamsporet øget til V = 140 km/h, skal hastigheden i det afvigende spor reduceres.

Nødvendig overhøjde i stamsporet bestemmes ved hjælp af formel (5) i afsnit 2.03.4

$$h = 11{,}8 \frac{V^2}{R} - 80 \quad \text{dvs} \quad h = 11{,}8 \frac{140^2}{1750} - 80 = 52{,}2 \text{ mm}$$

- h vælges til 55 mm

Maksimal hastighed i det afvigende spor bestemmes jf formel (10) i afsnit 2.03.6 til

$$h \leq 100 - 11{,}8 \frac{V_v^2}{R_v} \quad \text{dvs} \quad V_v \leq \sqrt{(100 - h) \frac{R_v}{11{,}8}} \quad \text{dvs}$$

$$V_v \leq \sqrt{(100 - 55) \frac{700}{11{,}8}} = 51{,}7 \text{ km/h}$$

- V_v vælges til 50 km/h

Kurver uden overgangskurver

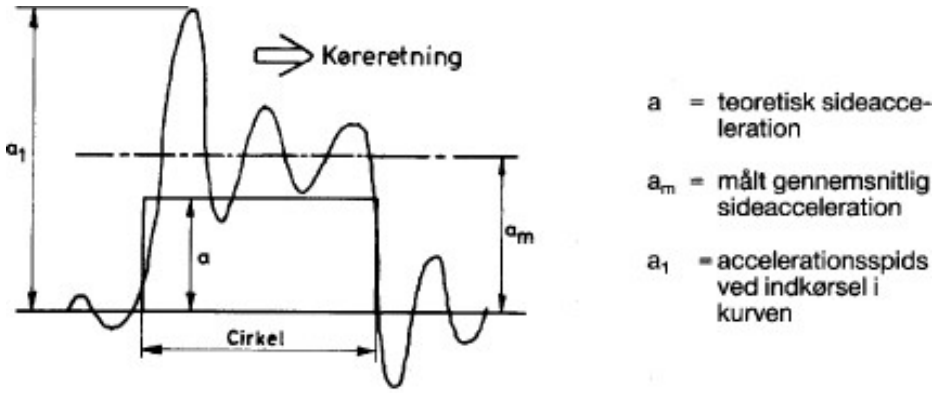
Ved store kurveradier eller små hastigheder skal overgangskurver udelades i øvrige togvejsspor og sidespor, jf sporregler afsnit 2.05.2-2.05.3.

Af konstruktive årsager kan det nemlig være nødvendigt at undlade at indlægge overgangskurver ved overgang fra ret spor til kurve eller fra kurve til kurve. Dette gælder f.eks. i sporskifter ved overgangen til den afvigende spors cirkelkurve.

Under disse forhold sker ændringer i krumningen og dermed tilsvarende ændringer i sideacce-lerationen momentant.

Rykket vil derfor teoretisk være uendeligt stort, og komfortkriterier må derfor fastsættes på baggrund af accelerationsmålinger og passagerernes komfortoplevelser.

Figur 1 viser eksempel på målte sideaccelerationer i vognkassen sammenholdt med den teoretisk beregnede sideacceleration i sporplanet ved kørsel fra ret spor gennem en kurve uden overgangskurver.



Figur 1. *Sideacceleration ved kørsel fra ret spor gennem en kurve uden overgangskurve*

Den målte sideacceleration i vognkassen svinger om en værdi, som er større end den teoretisk beregnede.

Sideaccelerationen er ikke konstant, fordi vognkassen ikke straks falder til ro, men svinger fra side til side i en periode, afhængig af fjederdæmpningen.

Den målte gennemsnitlige sideacceleration er større end den teoretiske pga eftergivenhed i fjedrene. Denne effekt medtages i de teoretiske beregninger ved hjælp af formlen

$$a_m = (1+k) \cdot a \qquad [m/s^2]$$

Der henvises i øvrigt til tillæg 2A, hvor bl.a. størrelsen af krængningskoefficienten k er beskrevet.

Der optræder særlig store accelerationsspidser ved indkørsel i og udkørsel af cirkelkurver, hvor rykket teoretisk er uendeligt stort.

For at kunne opstille regler for, hvornår overgangskurver kan udelades, opereres med en fiktiv overgangskurve svarende til afstanden mellem en personvogns boggiecentre.

refererer til afsnit 2.04.5 og 2.05

Sættes denne afstand afrundet til 20 m, bliver udtrykket for ændringen af overhøjdeunderskuddet per tidsenhed – det fiktive ryk – lig med

$$dI/dt = (I \cdot V)/(3{,}6 \cdot 20) \qquad [mm/s]$$

Ved fastholdt I i kurven er det fiktive ryk proportionalt med hastigheden, hvilket er i overensstemmelse med målinger og passagerernes komfortoplevelser.

Komforthensynet er således ikke tilstrækkeligt tilgodeset ved at følge reglerne for største overhøjdeunderskud.

En øvre komfortgrænse for det ved DSB benyttede rullende materiel ligger ved dI/dt = 130 – 150 mm/s.

I sporskiftekurven tilpasses hastigheden i det afvigende spor, således at såvel reglerne for største overhøjdeunderskud som ovennævnte regler er opfyldt, jf figur 2.

Hældning	R [m]	V [km/h]	I [mm]	dI/dt [mm/s]
1:5,45 symmetrisk	215	40	87,8	49
1:7,5	190	40	99,4	55
1:9	190	40	99,4	55
1:9	300	50	98,3	68
1:11	330	50	89,4	62
1:12	500	60	84,9	71
1:14	500	60	84,9	71
1:19	1200	100	98,3	137
1:19 symmetrisk	2400	120	70,8	118
1:26,5	2500	130	79.8	144
1:27,5	2500	130	79,8	144

Figur 2. *Data for Banedanmarks normalt forekommende sporskifter*

refererer til afsnit 2.04.5 og 2.05

Overgangskurveformer

Som beskrevet i afsnit 2.05 anvendes følgende former for overgangskurver

- klotoiden
- 3. grads parablen
- 4. grads parablen.

Klotoiden

Ønskes ryk og rampestigningshastighed, af hensyn til kørselskomforten, konstant igennem hele overgangskurven skal anvendes en klotoide som overgangskurve i forbindelse med en retlinet overhøjderampe.

Klotoiden kan anvendes som overgangskurve mellem ret linie og cirkelbue og mellem ensvendte eller modvendte kurver.

Matematisk udtryk for klotoiden er

$$R \quad L \quad = \quad A^2$$

hvor

R = Klotoidens krumningsradius i afstanden L, målt fra B.
L = Klotoidebuens længde i samme punkt målt langs kurven fra klotoidens tilslutning til ret spor.
R_c = Klotoidens krumningsradius i punktet C.
L_c = Klotoidens buelængde målt fra B til C.
A = En konstant, benævnt klotoidens parameter.
B = Overgangspunkt mellem ret linie og klotoide.
C = Overgangspunkt mellem klotoide og cirkelbue.

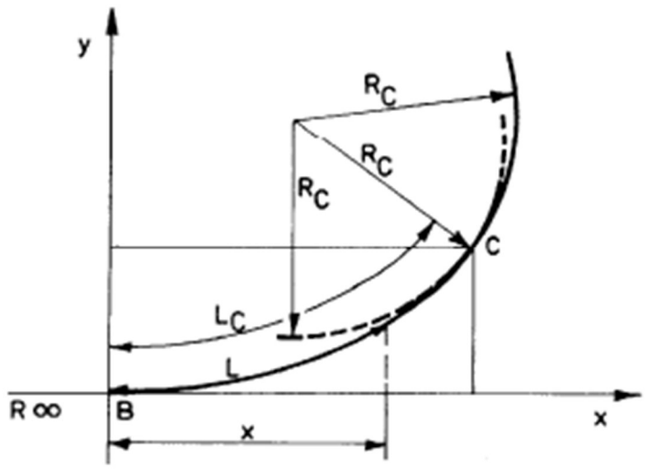
Når 2 af størrelserne R, L og A er kendte, kan den tredie størrelse altid bestemmes af ovenstående formeludtryk.

Det enkelte klotoidepunkts retvinklede koordinater kan beregnes udfra følgende udtryk

$$x = \int_0^L \cos\frac{L^2}{2A^2}\, dL$$

$$y = \int_0^L \sin\frac{L^2}{2A^2}\, dL$$

Disse integraler er ret komplicerede, men ved hjælp af rækkeudvikling og ved anvendelse af datamater til bestemmelse af de nødvendige retvinklede koordinater, har det ingen betydning.



Figur 1. *Klotoide mellem ret linie og cirkelbue.*

Førend man kan beregne og afsætte sin klotoide, må klotoidens parameter A bestemmes.

For en klotoide med buelængde L_c, som forbinder en ret linie med en cirkelbue med radius R_c er parameteren

$$A = \sqrt{R_c L_c}$$

Mellem ensvendte kurver kan parameteren bestemmes som

$$A = \sqrt{\frac{R_1 \; R_2}{R_1 - R_2} \; L}$$

hvor $R_2 < R_1$

Hvis omvendt klotoideparameteren kendes, kan klotoidelængden mellem ensvendte kurver fastlægges som

$$L = A^2 \left(\frac{1}{R_2} - \frac{1}{R_1} \right)$$

hvor $R_2 < R_1$

Mellem modvendte kurver kan parameteren i forbindelse med retlinede krydsende overhøjderamper bestemmes af

$$A = \sqrt{R_1 L_1} = \sqrt{R_2 L_2}$$

og de tilsvarende overgangskurvelængder som

$$L_1 = \frac{A^2}{R_1}$$

$$L_2 = \frac{A^2}{R_2}$$

hvor L_1 er overgangskurven, der udgår fra cirkelbuen R_1 og L_2 overgangskurven, der slutter til den modvendte kurve med radius R_2.

For ikke retlinede krydsende ramper har overgangskurverne forskellige parameterværdier.

Når klotoideparameteren er fastlagt, i henhold til ovenstående, er det muligt ved hjælp af klotoidetabelværker eller ved brug af datamater at beregne og afsætte klotoiden.

Kendskab til klotoidens parameter kan også være nyttigt ved en efterkontrol af EDB-beregnede linieføringer, der som oftest anvender klotoiden som overgangskurve.

3. grads parablen

Tidligere udformedes overgangskurver, i forbindelse med retlinede overhøjderamper, udelukkende som 3. grads parabler.

3. grads parablen anvendes da også stadig ved mindre sporberegninger. Den giver således let beregnelige koordinater og tilfredsstiller kravet om et retlinet krumningsforløb igennem hele overgangskurven.

3. grads parablen kan opfattes som en tilnærmelse til klotoiden og er næsten sammenfaldende med klotoiden indenfor intervallet

$$o < x \leq \sqrt{RL} = A$$

I praksis kan man derfor, som tidligere nævnt, godt erstatte klotoiden med den simplere 3. grads parabel, når man opererer indenfor dette interval. Afvigelser mellem klotoiden og 3. grads parablen kan optræde ved meget store overgangskurvelængder.

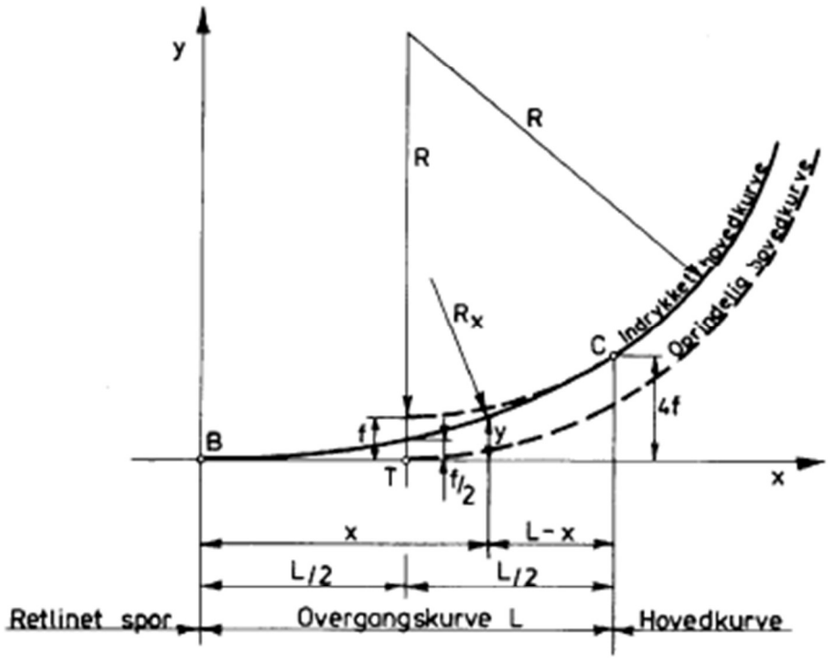
Ved overgang mellem ret linie og en cirkelbue med radius R indlægges 3. grads parablen som overgangskurve, som vist på figur 2.

3. grads parabellen har følgende matematiske udtryk

$$y = \frac{x^3}{6RL} = \frac{x^3}{6A^2}$$

hvor

L = Parablens totale længde
R = Radius for den tilsluttende cirkelbue
x = Abscissen til et vilkårligt punkt på overgangskurven
y = Den til punktet svarende ordinat
A = Klotoideparameteren.



Figur 2. *3. grads parabel mellem ret linie og cirkelbue.*

Afstanden mellem den oprindelige hovedkurve og den indrykkede kurve kaldes indrykningen, hvis størrelse kan bestemmes til

$$f = \frac{L^2}{24R}$$

3. grads parablen anvendt som overgangskurve mellem ensvendte kurver kan indlægges, som vist på figur 3.

Overgangskurven kan i dette tilfælde tænkes at fremkomme ved, at en overgangskurve, som den på figur 2 viste, krummes.

Tænker man sig nemlig hele figur 2 krummet, således at den rette linie, med tilslutning i punkt B, krummes til en cirkelbue med radius R_1 vil den oprindelige cirkelbue med radius R tilsvarende krummes til en cirkelbue med radius R_2. Krumningen af figuren vil medføre, at overgangskurvens krumning vil vokse jævnt.

Forholdet mellem de omtalte radier fremgår af følgende udtryk

$$\frac{1}{R} = \frac{R_1 - R_2}{R_1 \quad R_2}$$

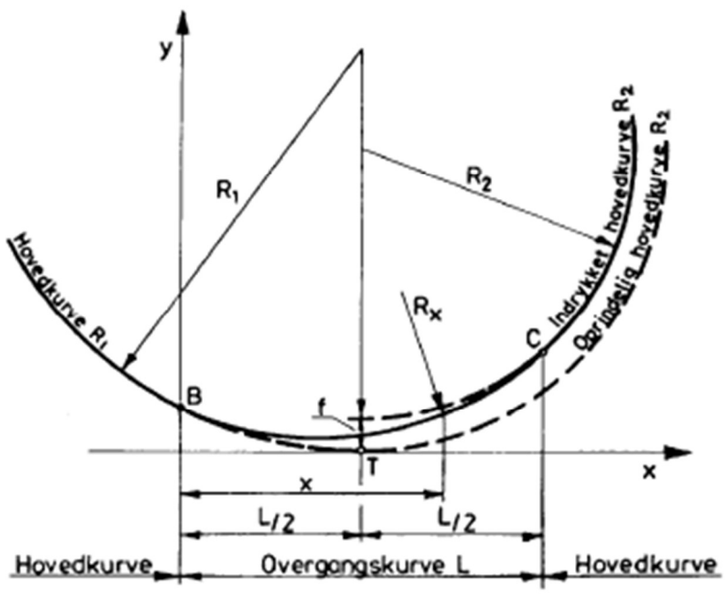
hvor $R_1 > R_2$

3. gradsparablen, anvendt som overgangskurve mellem 2 ensvendte kurver, kan beskrives ved følgende matematiske udtryk

$$y = \frac{x^3}{6L} \frac{R_1 - R_2}{R_1 \quad R_2} + \frac{(x-L/2)^3}{2R_1}$$

hvor $R_1 > R_2$ og

L = Overgangskurvens totale længde
R_1 = Radius i overgangskurvens foranliggende cirkelbue
R_2 = Radius i overgangskurvens efterfølgende cirkelbue
x = Abscissen til et vilkårligt punkt på overgangskurven
y = Den til punktet svarende ordinat.



Figur 3. *Overgangskurve mellem 2 ensvendte kurver.*

Indrykningen beregnes efter formlen

$$f = \frac{L^2}{24} \frac{R_1 - R_2}{R_1 \quad R_2}$$

hvor $R_1 > R_2$

Ved at afsætte kurven ud fra x-aksen, jf tig 3 kan der under visse forhold fremkomme mindre unøjagtigheder, som kan undgås ved at afsætte den hovedkurven nærmest beliggende halvdel af overgangskurven fra den indrykkede hovedkurve R_2.

Ordinatforskellen mellem dennes ordinat og overgangskurvens ordinat beregnes efter formlen:

$$\Delta y = \frac{(L - x)^3}{6L} \frac{R_1 - R_2}{R_1 \quad R_2}$$

Ved anvendelse af 3. grads parabler mellem modvendte kurver kan hver af de sammenstødende overgangskurver udføres som vist på figur 2.

I dette tilfælde opfattes vendetangenten som den retlinede strækning.

4. grads parablen

I forbindelse med s-formede overhøjderamper kan 4.grads parablen anvendes som overgangskurve, hvorved der opnås et s-formet krumningsforløb.

4. grads parablen kan bl a anvendes til at opnå en kortere overgangskurve og tilsvarende overhøjderampe eller for at undgå for stor en indrykning.

I forhold til 3. grads parablen og klotoiden adskiller 4. grads parablen sig ved, at såvel rykket som rampestigningshastigheden gennem overgangskurven varierer retlinet fra nul til maksimum i overgangskurvens midtpunkt og igen til nul ved overgangskurvens endepunkt.

4. grads parablen anvendt som overgangskurve mellem ret linie og cirkelbue kan beskrives ved følgende matematiske udtryk

$O < x \leq L/2$:

$$y = \frac{x^4}{6RL^2}$$

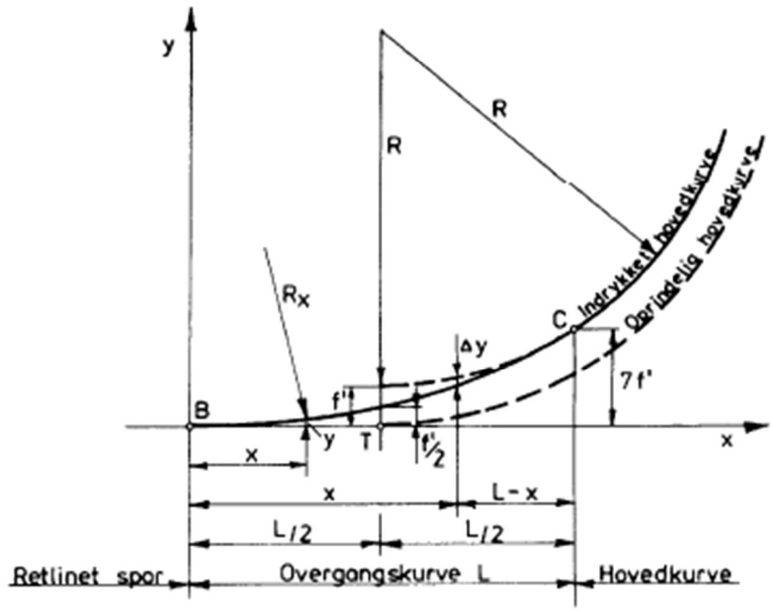
$L/2 < x \leq L$:

$$y = -\frac{(L-x)^4}{6RL^2} + \frac{(x-L/2)^2}{2R} + \frac{L^2}{48R}$$

hvor

L = Overgangskurvens totale længde
R = Radius for den tilsluttende cirkelbue
x = Abscissen til et vilkårligt punkt på overgangskurven
y = Den til punktet svarende ordinat.

Af ovenstående matematiske udtryk fremgår, at overgangskurven ikke er en regulær 4. grads parabel, men er et 4. grads polynomium.



Figur 4. *Overgangskurve mellem ret linie og cirkelbue udtrykt ved 4. gradsparabel.*

Indrykningen, hvis størrelse kan bestemmes til

$$f = \frac{L^2}{48R}$$

er kendetegnet ved at udgøre halvdelen af indrykningen for 3. grads parablen. En 3. grads parabel (klotoide) af længden L kan således uden at kurveindrykningen ændres, erstatttes af en 4. gradsparabel af længden $\sqrt{2}$ L. Herved vil maksimumsværdierne af ryk og rampestigningshastighed øges med $\sqrt{2}$.

Det er således muligt til en vis grad at erstatte undtagelsesbestemmelser for klotoider med normalbestemmelser for 4. grads parabler uden indrykningsændring af hovedkurven, hvilket under tiden kan være hensigtsmæssigt, hvor en ønskelig begrænsning af den uafbalancerede sideacceleration og dermed af rykket vil medføre stor rampestigningshastighed.

Mellem såvel ensvendte som modvendte kurver kan der undtagelsesvis indlægges 4. grads parabler som overgangskurve i forbindelse med s-formede overhøjderamper.

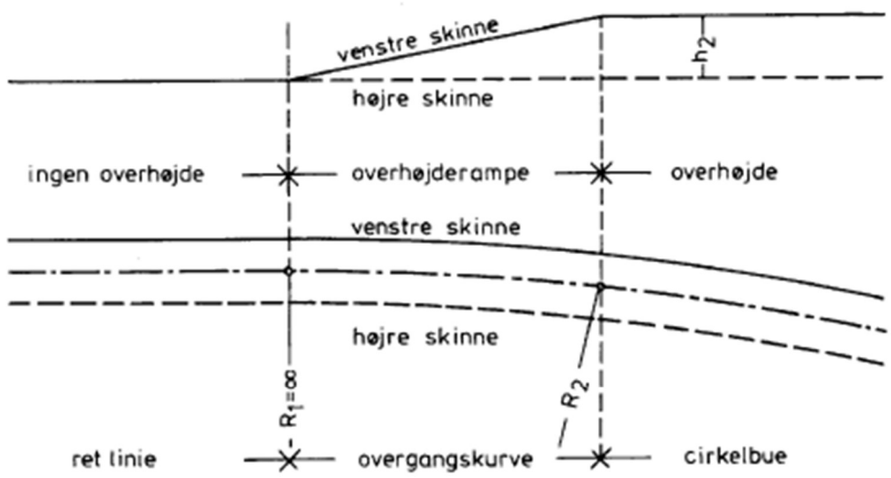
Beregningsproceduren foregår analogt med proceduren for indlægning af 3. grads parablen som overgangskurve mellem ensvendte kurver.

Udformning af overhøjderamper

Mellem ret linie og cirkelkurve

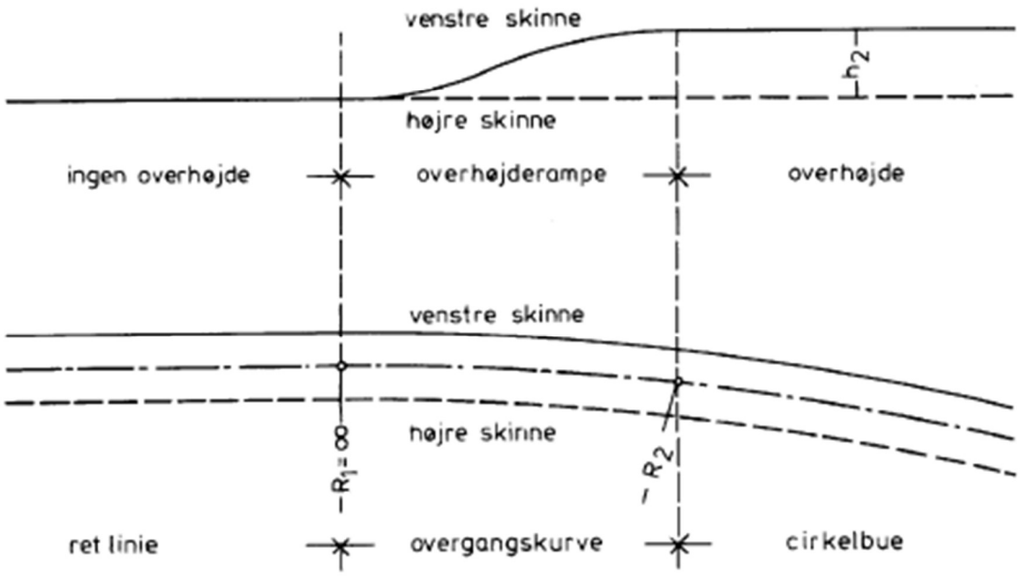
Overhøjderamper skal sædvanligvis være sammenfaldende med de tilhørende overgangskurver.

Når overgangskurven er en klotoide eller 3.gradsparabel skal overhøjderampen være retlinet.



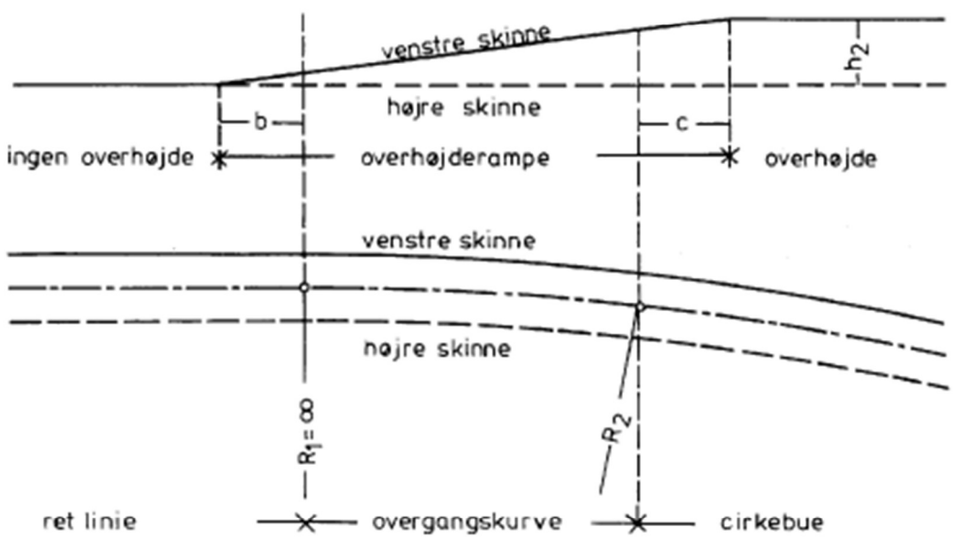
Figur 1. *Retlinet overhøjderampe sammenfaldende med overgangskurven*

Når overgangskurven er en 4.gradsparabel skal overhøjderampen være S-formet. Overhøjderampen og overgangskurven skal i dette tilfælde altid være sammenfaldende, jf figur 2.



Figur 2. *S-formet overhøjderampe sammenfaldende med overgangskurven*

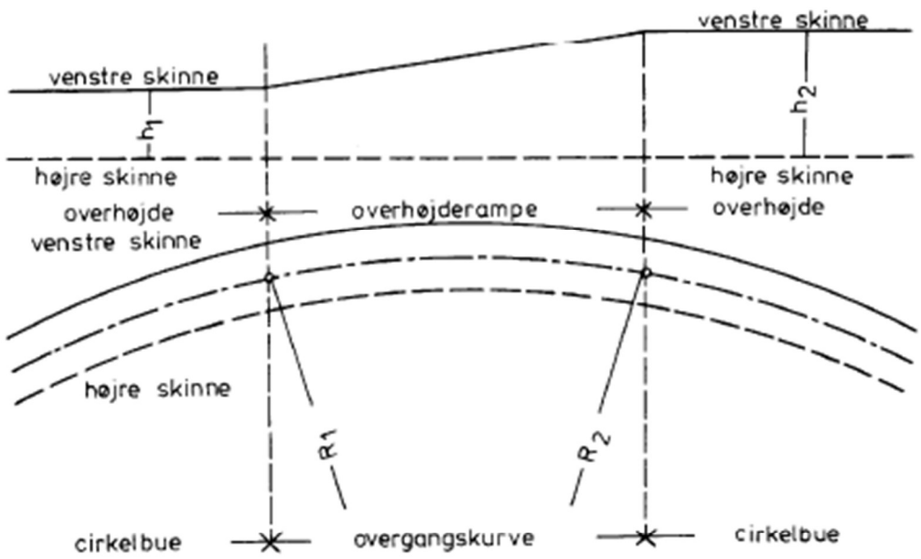
Den retlinede overhøjderampe kan undtagelsesvis forlænges med b meter ud på ret spor og/eller c meter ind i cirkelkurven, hvis kravet til tilladte rampestigningshastighed ikke kan overholdes, jf afsnit 2.06.5 og tillæg 2F.



Figur 3. *Retlinet overhøjderampe længere end overgangskurven*

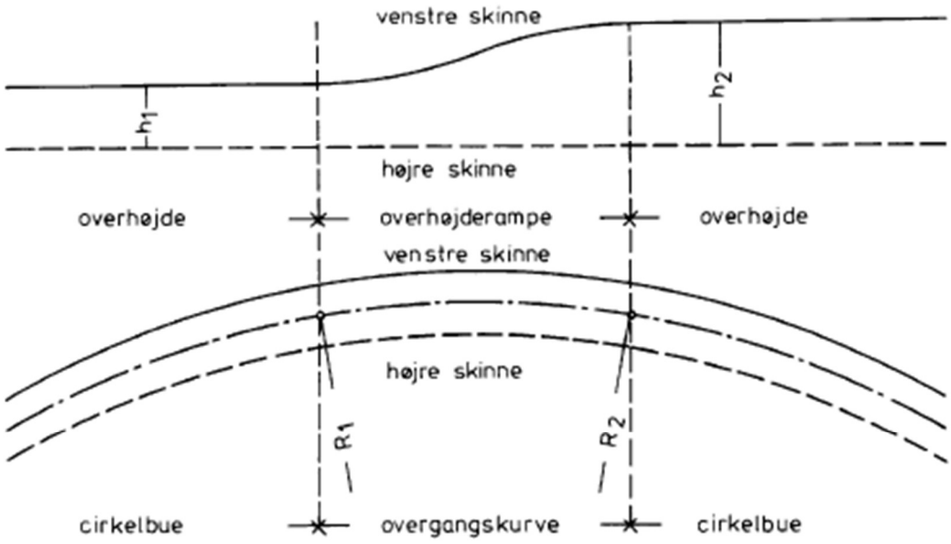
Mellem ensvendte kurver

Ensvendte kurver skal så vidt muligt forbindes med en fælles overgangskurve. Forskellen i overhøjde i de to kurver skal udlignes ved en retlinet overhøjderampe sædvanligvis sammenfaldende med overgangskurven. Undtagelsesvis kan overhøjderampen forlænges med c meter ind i kurverne.



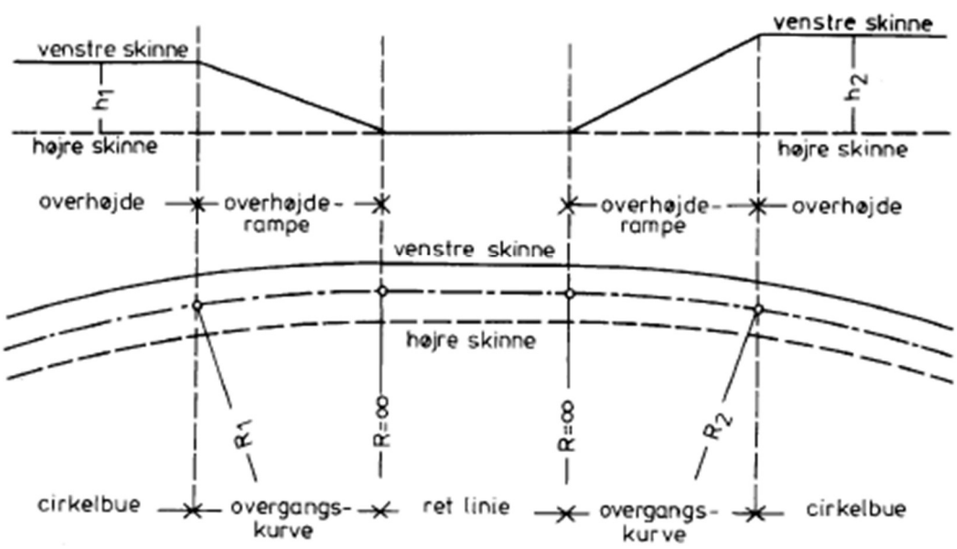
Figur 4. *Retlinet overhøjderampe sammenfaldende med fælles overgangskurve*

Når overgangskurven undtagelsesvis er udformet som en 4.gradsparabel skal overhøjderampen være S-formet. Overhøjderampen er altid sammenfaldende med overgangskurven.



Figur 5. *S-formet overhøjderampe sammenfaldende med fælles overgangskurve*

Kan de to ensvendte kurver ikke forbindes med en fælles overgangskurve, må hver kurve udføres med en separat overgangskurve og overhøjderampe, jf figur 6. Der skal mellem overgangskurvernes begyndelsespunkter indlægges et retlinet mellemstykke i henhold til reglerne i afsnit 2.08.2 og 2.08.3.



Figur 6. *Retlinede overhøjderamper sammenfaldende med de separate overgangskurver og med retlinet mellemstykke (ensvendte kurver)*

Overhøjderamperne skal være S-formede, hvis overgangskurverne undtagelsesvis er udformet som 4. gradsparabler.

Kan der undtagelsesvis hverken udformes en fælles overgangskurve eller indlægges to separate overgangskurver med retlinet mellemstykke, skal de to separate overgangskurver udføres sammenstødende.

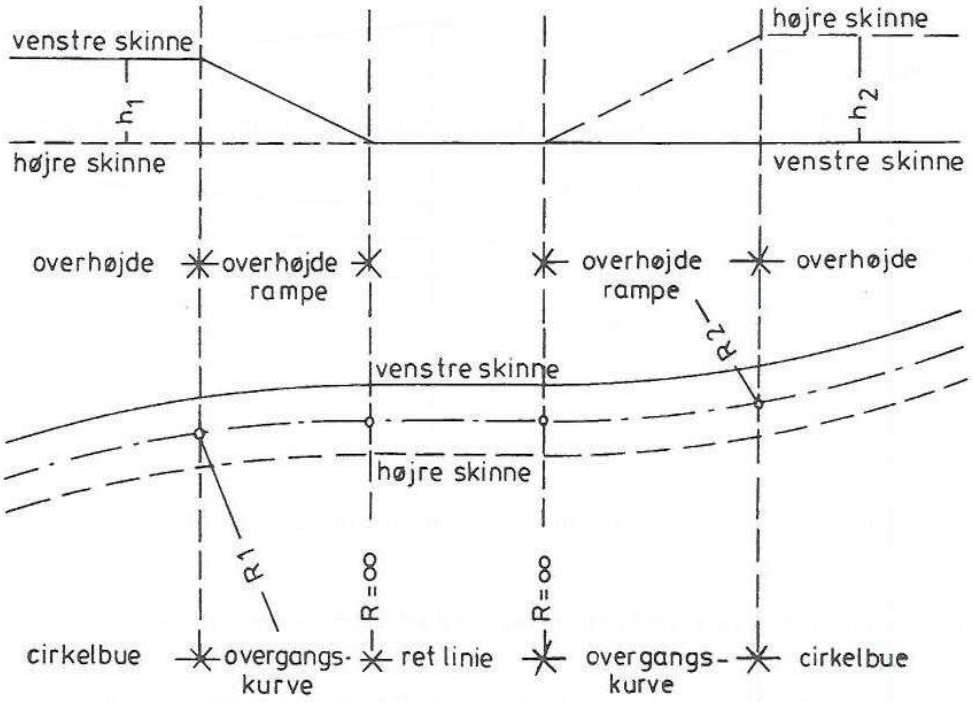
Overgangskurverne udføres normalt som klotoider eller undtagelsesvis som 4. gradsparabler.

Afhængig af udformningen af overgangskurven udføres enten en retlinet overhøjderampe eller en S-formet overhøjderampe.

Den retlinede overhøjderampe kan enten være sammenfaldende med overgangskurven eller kan forlænges c meter ind i kurven. Den S-formede overhøjderampe er altid sammenfaldende med 4. gradsparablen.

Mellem modvendte kurver

I figur 11 er illustreret udformning af linjeføringen mellem 2 modvendte kurver med 2 separate overgangskurver og et retlinet mellemstykke.



Figur 11. *Retlinede overhøjderamper sammenfaldende med de separate overgangskurver og med retlinet mellemstykke (modvendte kurver)*

Beregning af overhøjderamper

Retlinet overhøjderampe

Den retlinede overhøjderampe benyttes i forbindelse med overgangskurve udformet som klotoide eller 3.gradsparabel.

Overhøjden kan i et vilkårligt punkt på overgangskurven mellem ret linie og cirkelbue bestemmes til

$$h_x = \frac{h}{L} x$$

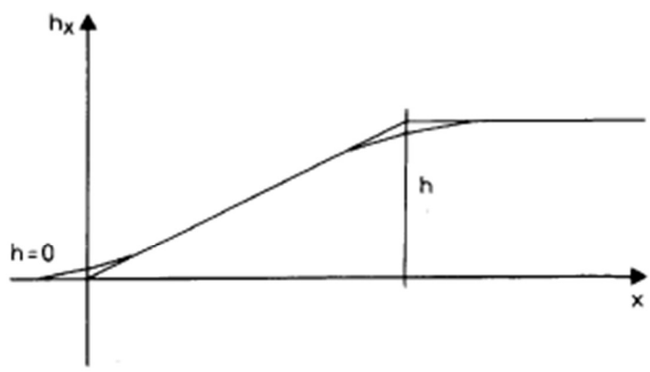
hvor

x = Abscissen til det aktuelle punkt på overgangskurven og dermed overhøjderampen.

L = Overhøjderampens totale længde målt langs x-aksen

h = Overhøjden i den efterfølgende cirkelbue

h_x = Overhøjden i et vilkårligt punkt på overgangskurven.



Figur 12. *Retlinet overhøjderampe mellem ret spor og kurve*

For at undgå for store knæk ved overhøjderampens start- og slutpunkt kan indlægges såkaldte rampeafrundinger.

Disse ramperundinger udføres som vist på figur 12 ved cirkelbuer med radius

$$R = V^2$$

hvor

R = Afrundingskurvens radius i meter

V = Største hastighed i km/h.

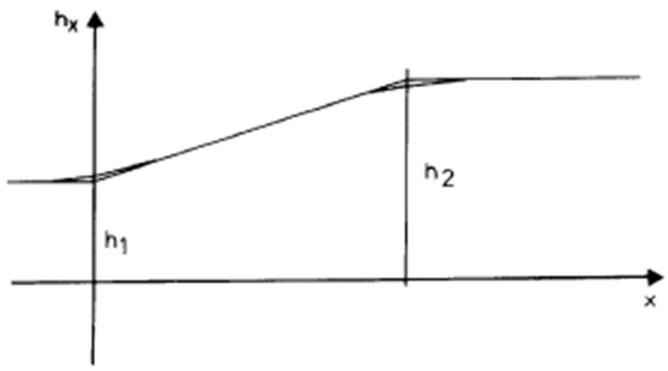
Overhøjden kan i et vilkårligt punkt på overgangskurven mellem ensvendte kurver bestemmes til

$$h_x = h_1 + \frac{h_2 - h_1}{L} x$$

hvor

h_1 = Overhøjden i den foranliggende cirkelbue

h_2 = Overhøjden i den efterfølgende cirkelbue.



Figur 13. *Retlinet overhøjderampe mellem ensvendte kurver*

S-formet overhøjderampe

Den S-formede overhøjderampe anvendes i forbindelse med 4.gradsparablen som overgangskurve.

Overhøjden kan for et hvilket som helst punkt på overgangskurven mellem ret linie og cirkelbue bestemmes til

$0 < x \leq \frac{L}{2}$:

$$h_x = 2\frac{h}{L^2}x^2$$

$\frac{L}{2} < x \leq L$:

$$h_x = h - 2\frac{h}{L^2}(L - x)^2$$

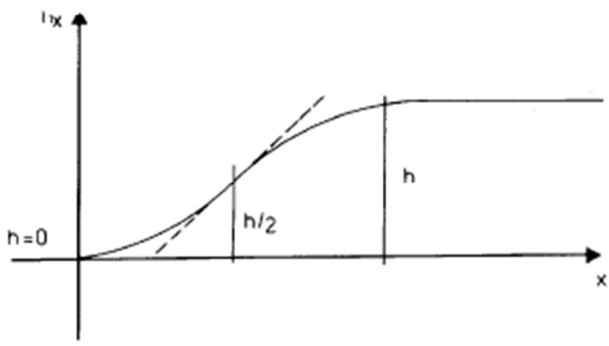
hvor

x = Abscissen til det aktuelle punkt på overgangskurven og dermed overhøjderampen

L = Overhøjderampens totale længde målt langs x-aksen

h = Overhøjden i den efterfølgende cirkelbue

h_x = Overhøjden i et vilkårligt punkt



Figur 14. *S-formet overhøjderampe mellem ret spor og kurve*

Overhøjden kan tilsvarende for et hvilket som helst punkt på overgangskurven mellem ensvendte kurver bestemmes til

$0 < x \leq \frac{L}{2}$:

$$h_x = h_1 + 2\,\frac{h_2 - h_1}{L^2}\,x^2$$

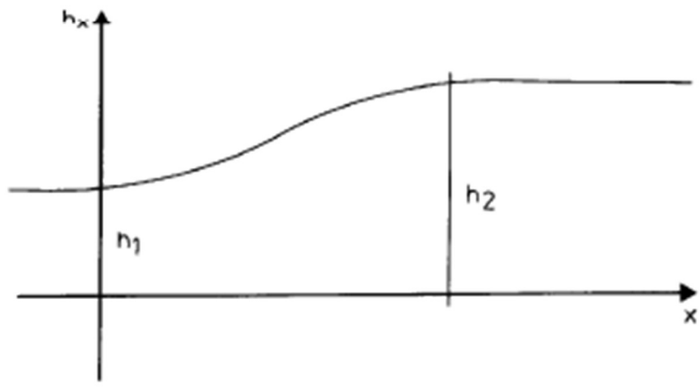
$\frac{L}{2} < x \leq L$:

$$h_x = h_2 - 2\,\frac{h_2 - h_1}{L^2}\,(L - x)^2$$

hvor

h_1 = Overhøjden i den foranliggende cirkelbue

h_2 = Overhøjden i den efterfølgende cirkelbue

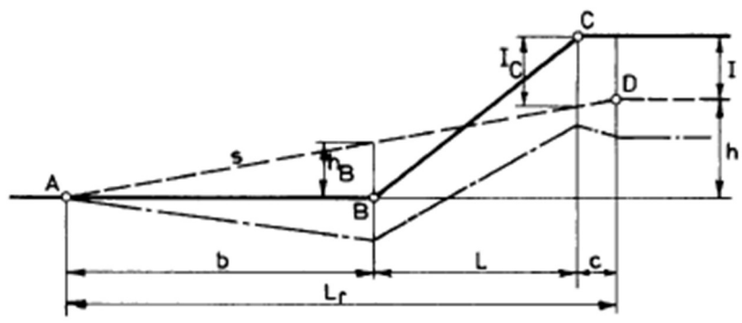


Figur 15. *S-formet overhøjderampe mellem ensvendte kurver*

Mellem modvendte kurver udføres den S-formede overhøjderampe som vist på figur 10.

Ikke sammenfaldende overgangskurve og overhøjderampe

Dette tillæg omfatter udledning af formlerne 28 - 32 i afsnit 2.06.5, samt et eksempel på formlernes anvendelse.



Figur 1. *Ikke sammenfaldende overgangskurve og overhøjderampe.*

Forklaring til figur 1

h	=	overhøjde	(mm)
h_B	=	største overhøjde på ret spor	(mm)
s	=	rampestigning	(‰)
I	=	overhøjdeunderskud	(mm)
I_c	=	største overhøjdeunderskud	(mm)
L	=	overgangskurvens længde	(m)
L_r	=	overhøjderampens længde	(m)
b	=	overhøjderampens forlængelse ud på ret spor	(m)
c	=	overhøjderampens forlængelse ind i cirkelkurven	(m)

Figurens optrukne linie viser det overhøjdebillede, som kræves for fuld afbalancering, og den punkterede linie viser det virkelige overhøjdeforløb.

Overhøjden h kan ikke opnås over rampelængden L på grund af gældende bestemmelser for største rampestigningshastighed, jf afsnit 2.06. Overhøjderampen må derfor forlænges.

Rampestigningen s må maksimalt være

$$s = \frac{125}{V} ‰$$

og rampestigningen er

$$s = \frac{h}{L_r}$$

Heraf udledes den nødvendige længde af overhøjderampen til

$$L_r \geq \frac{h\ V}{125} \qquad (28)$$

Af figur 1 fremgår, at den største overhøjde på ret spor, h_B, forekommer ved pkt B, dvs

$$\frac{h_B}{h} = \frac{b}{L_r}$$

Overhøjden h_B på ret spor må ikke overstige 40 mm. Dvs, at den største længde, overhøjderampen må forlænges ud på ret spor, bliver

$$b \leq 40\ \frac{L_r}{h} \qquad (29)$$

Det største overhøjdeunderskud I_c forekommer ved pkt C. Ensvinklede trekanter giver

$$\frac{I_c - I}{h} = \frac{c}{L_r}$$

ensbetydende med at

$$c = (I_c - I)\frac{L_r}{h}$$

Da det maksimale overhøjdeunderskud I_c = 100 mm fås

$$c \leq (100\text{-}I)\frac{L_r}{h} \qquad (30)$$

I tillæg 2A defineres »rykket« som

$$dI/dt = \frac{I\ V}{3{,}6\ L}$$

»Rykket« over en sporlængde x kan udtrykkes således

$$dI/dt = \frac{(I_1 - I_2)\ V}{3{,}6\ x}$$

Hvor I_1 og I_2 er overhøjdeunderskuddene ved enderne af sporlængden x.

Dvs, at »rykket« er hældningen af I-linien multipliceret med V/3,6.

I-linien fremkommer som differencen mellem afbalancerende og virkelig overhøjde og er på figuren vist med stiplet linie.

Strækningerne AB og CD er uden interesse, da I-linien her har numerisk samme hældning, som den punkterede linie, der viser det virkelige overhøjdebillede.

»Rykket« kan på disse strækninger maksimalt blive

$$dI/dt = \frac{125\,V}{3{,}6\,V} = 34{,}7 < 75\,^{mm}/_{s}$$

På strækningen BC kan I-liniens hældning udtrykkes som differencen mellem hældningskoefficienterne for den afbalancerende og den virkelige overhøjde

$$\frac{h+I}{L} - \frac{h}{L_r}$$

Dette udtryk indsættes i formlen for dI/dt. »Rykket« bliver da

$$dI/dt = \left(\frac{h+I}{L} - \frac{h}{L_r}\right)\frac{V}{3{,}6}$$

Fra afsnit 2.03.2 fås formlen for overhøjdeunderskud

$$I = 11{,}8\,\frac{V^2}{R} - h$$

ensbetydende med

$$h + I = 11{,}8\,\frac{V^2}{R}$$

Som tidligere nævnt er

$$\frac{h}{L_r} \leq \frac{125}{V}$$

Indsættes disse udtryk og betingelsen $dI/dt \leq 75\,^{mm}/_{s}$, fås

$$dI/dt = \frac{11{,}8\,V^3}{3{,}6\,L\,R} - \frac{125}{3{,}6} \leq 75\,^{mm}/_{s}$$

eller

$$L \geq \frac{V^3}{33{,}4\,R} \qquad (31)$$

Det bemærkes, at L_r ikke kan vælges frit, idet L_r også har en maksimumsværdi

$$L_r \leq b + L + c$$

Indsættes maksimumsværdierne for b og c fås

$$b = 40\,\frac{L_r}{h}$$

$$c = (100-I)\,\frac{L_r}{h}$$

og løses ligningen med hensyn til L_r fås

$$L_r \leq \frac{Lh}{h+I-140} = \frac{Lh}{11{,}8\,\frac{V^2}{R} - 140} \qquad (32)$$

Regneeksempel

Den her beskrevne løsning af rampestigningsproblemer, som kræver dispensation fra banetjenesten, bør kun undtagelsesvis anvendes. Det vil som regel give bedre løsninger at opnå dispensation fra reglerne for største overhøjdeunderskud og/eller rampestigning.

Forudsætninger:

Strækningshastighed	150 km/h
Kurveradius	1250 m
Overhøjde	125 mm
Overhøjdeunderskud	87,4 mm
Overgangskurvens længde	90 m

$$L \leq \frac{150^3}{33{,}4 \cdot 1250} = 80{,}8\text{m} < 90\text{ m}, \qquad \text{(formel 31)}$$

$$L_r \geq \frac{125 \cdot 150}{125} = 150\text{ m}, \qquad \text{(formel 28)}$$

L_r vælges til 150 m

$$b \leq 40 \; \frac{150}{125} = 48\text{ m}, \qquad \text{(formel 29)}$$

$$c \leq (100 - 87{,}4) \; \frac{150}{125} = 15{,}12\text{ m} = 15\text{ m}, \qquad \text{(formel 30)}$$

Overhøjderampen på 150 m kan altså lægges

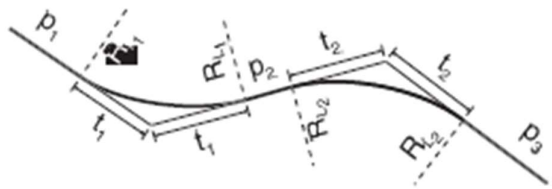
- højst 48 m ud på ret spor og går derved mindst 12 m ind i cirkelkurven
- højst 15 m ind i cirkelkurven og går således mindst 45 m ud på ret spor.

Den størst mulige værdi af L_r fås til

$$L_r \leq \frac{90 \cdot 125}{125 + 87{,}4 - 140} = 155{,}4\text{ m} \qquad \text{(formel 32)}$$

Tillæg 2G
Vejledning til fastsættelse af afrundings-kurvers tangentlængde.

Afrundingskurver skal have en radius svarende til figur 1.



Figur 1. Afrunding af knækpunkter i længdeprofilet.

Afrundingskurvernes tangentlængder bestemmes ved formlen

$$t = \frac{R_L}{2000}(\Delta p)$$

hvor :

- t : Tangentlængden (m),
- p: Stigningsforhold (‰),
- R_L: Afrundingsradius (m),
- Δp: Forskellen mellem stigningsforholdene for de to sammenstødende strækninger (‰).

Tillæg 3A
Figur 1-2-3 vedrørende tværprofiler fornyanlæg og større sporombygninger

Regler og information vedrørende tværprofiler ved nyanlæg og større sporombygning er givet i banenorm BN1-6 "Tvær-profiler for ballasteret spor", hvortil der henvises.

Tillæg 3B
Figur 1 og 2 vedrørende tværsnit med stålmast hhv. gittermast

Regler og information vedrørende tværsnit med banetekniske installationer er givet i banenorm BN1-6 "Tvær-profiler for ballasteret spor", hvortil der henvises.

Tillæg 3C
Tværprofil for havne-, side- og firmaspor

Regler og information vedrørende tværprofil for havne- side- og firmaspor er givet i banenorm BN1-6 "Tværprofiler for ballasteret spor", hvortil der henvises.

Tillæg 3D
Figur 1-2-3-4 vedrørende langsgående dræn på fjern- og S-baner

Regler og information vedrørende langsgående dræn på fjern- og S-baner er givet i banenorm BN1-11 ”Afvanding af sporarealer”, hvortil der henvises.

Tillæg 3E
Figur 1 og 2 vedrørende dræning af stationsplads og drænrende

Regler og information vedrørende dræning af stationsplads og drænrende er givet i banenorm BN1-11 ”Afvanding af sporarealer”, hvortil der henvises.

Tillæg 3F
Figur 1 og 2 vedrørende sporskifteafvanding og afvanding af rilleskinnespor

Regler og information vedrørende sporskifteafvanding udgår i forbindelse med implementering af banenorm BN1-11 ”Afvanding af sporarealer”.

Regler og information vedrørende afvanding af rilleskinnespor er givet i banenorm BN1-11 ”Afvanding af sporarealer”, hvortil der henvises.

Tillæg 3G
Ledning i beskyttelsesrør

Regler og information vedrørende ledninger i beskyttelsesrør er givet i banenorm BN1-13 ”Ledningsanlæg på Banedanmarks arealer”, hvortil der henvises.

Tillæg 3H
Figur 1 og 2 vedrørende skinneafstivning

Regler og information vedrørende skinneafstivning er givet i banenorm BN1-6 "Tværprofiler for ballasteret spor", hvortil der henvises.

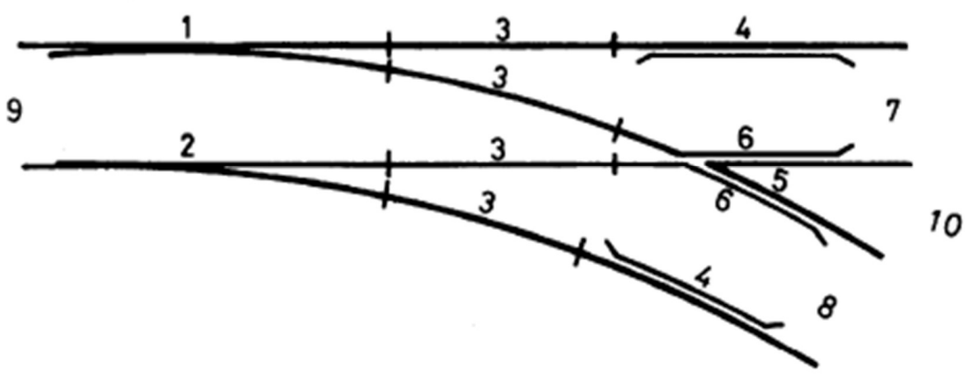
Tillæg 3J
Udgravningsprofil

Regler og information vedrørende udgravningsprofil er givet i banenorm BN1-6 "Tværprofiler for ballasteret spor", hvortil der henvises.

Sporskifter

Sporskiftets hoveddele

Figur 1 er en skematisk oversigtstegning af et sporskifte. På figuren er angivet betegnelser for større konstruktionskomponenter i et sporskifte.



Figur 1. *Sporskiftets hoveddele.*

Figurforklaring:

1: krum sporskiftetunge med ret sideskinne
2: lige sporskiftetunge med krum sideskinne
3: mellemskinner
4: tvangskinne opbygget af tvangskinneprofil og sideskinne
5: sporskiftekrydsningens hjertespids
6: sporskiftekrydsningens vingeskinner
7: stamspor
8: afvigende spor
9: sporskiftets forende
10: sporskiftets bagende

Betegnelse og geometri for sporskifternes delkomponenter fremgår af DSBs normaltegninger. Der findes normaltegninger for alle DSBs sporskiftetyper.

Normaltegningerne vedligeholdes af banetjenesten. Kopier af normaltegningerne rekvireres hos bafd's tegningsarkiv.

Bafd's tegningsarkiv udsender rettede og nye normaltegninger til alle, der har rekvireret normaltegningsmapper.

Sporskiftetyper

I figur 2 og 3 er tabelleret dels de sporskiftetyper, der anskaffes i dag, dels nogle ældre sporskiftetyper, som stadig findes i spor.

Betegnelse	Skinneprofil		Radius	Hældning	Længde	År	Blad nr
	Type	Vægt (kg)	m		m		
45-215-1:5,45-S	DSB 45	45	215	1:5,45	22,09	1977	6740
45-190-1:7,5	DSB 45	45	190	1:7,5	24,50	1958	6546
45-190-1:9	DSB 45	45	190	1:9	26,02	1957	6500
45-330-1:11	DSB 45	45	330	1:11	34,02	1958	6515
60-190-1:7,5	UIC 60	60	190	1:7,5	27,30	1978	7880
60-190-1:9	UIC 60	60	190	1:9	27,30	1978	7865
60-300-1:9	UIC 60	60	300	1:9	33,01	1986	8060
60-500-1:12	UIC 60	60	500	1:12	40,21	1979	7858
60-500-1:14	UIC 60	60	500	1:14	41,05	1979	7833
60-1200-1:19	UIC 60	60	1200	1:19	60,95	1983	8000
60-2400-1:19-S	UIC 60	60	2400	1:19	60,95	1962	7800
60-2500-1:26,5	UIC 60	60	2500	1:26,5	93,49	1984	8015
Krydsningssporskifter							
45-190-1:9-1/1	DSB 45	45	190	1:9	33,75	1957	6620
45-190-1:9-1/2	DSB 45	45	190	1:9	33,75	1957	6631
45-190-1:9/1:7,5-1/1	DSB 45	45	190	1:9/1:7,5	28,66-32,24	1966	6643a
Forsat sporskifte							
45-190-1:9-F	DSB 45	45	190	1:9	35,52	1964	6650
Rilleskinnesporskifter							
Entunget/beton	HI 54	54	140	1:7	20,60	1977	5918
Entunget/træ	HI 54	54	140	1:7	20,60	1977	5920
Færgesporskifte/tungeparti							
3-strenget spor	DSB 45	45			9,60	1943	7500

Figur 2. *Sporskifter som anskaffes for tiden.*

Skinneprofil		Radius	Hældning	Længde	År	Blad nr	Bemærkninger
Type	Vægt (kg)	m		m			
DSB 37	37	190	1:9	26,02	1937	418a	tunge med drejetap
DSB 37	37	330	1:11	34,02	1937	447a	tunge med drejetap
DSB 45	45	190	1:7,5	24,50	1933	583	fjedrende tunge, VB
DSB 45	45	190	1:9	26,02	1933	576a	fjedrende tunge, VC *
DSB 45	45	330	1:11	34,02	1933	585a	fjedrende tunge, VC *
DSB 45	45	500	1:14	41,02	1933	593a	fjedrende tunge, VC *
DSB 45	45	500	1:14	41,02	1958	6529	
DSB 60	60	1200	1:18,5	64,82	1954	6700	
Krydsningssporskifter							
DSB 37	37	190	1:9	33,75	1937	430a	tunge med drejetap
DSB 45	45	190	1:9	33,75	1935	600a	tunge med drejetap, VC *
Forsatte sporskifter							
DSB 37	37	190	1:9	35,52	1936	452a	tunge med drejetap
DSB 45	45	190	1:9	35,52	1936	550a	tunge med drejetap, VC *
Sporskifter til havnespor							
DSB 37	37	150	1:6,5	21,78	1950	6410	Entunget med drejetap
DSB 37	37	150	1:6,5	21,78	1951	6426	Entunget med drejetap, kontraskinne
Rilleskinnesporskifte							
P37	37	140	1:7	20,60			Højt profil, tunge med drejetap
Kombinerede sporskifter							
DSB 37/P37	37	134	1:7	22,19	1955	6450e	Entunget med drejetap

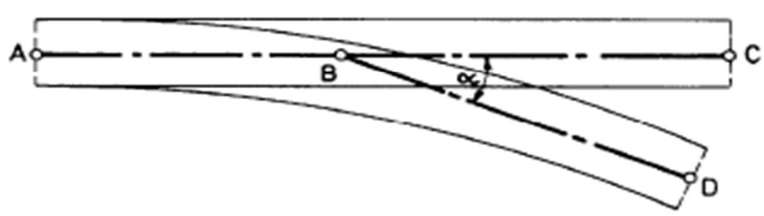
* Kan findes i sporet med overbygning VB

Figur 3. *Ældre sporskifter, som stadig findes i sporet.*

Sporskifteelement

Et sporskiftes element er en geometrisk figur af sporskiftet udarbejdet til beregning og konstruktion af sporplaner.

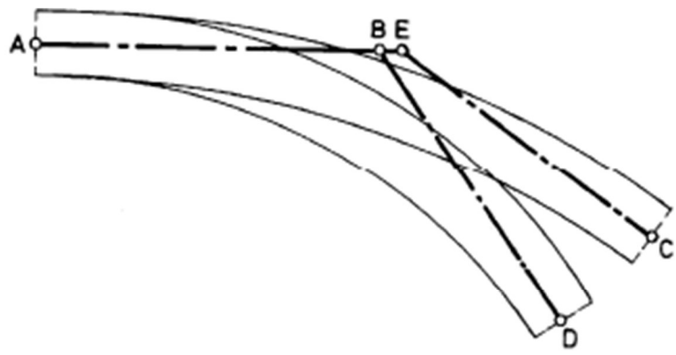
For et ret sporskifte er elementet vist på fig 4.



Figur 4. *Sporskifteelement for ret sporskifte.*

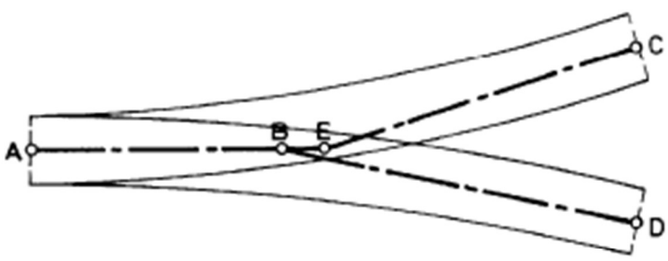
Linien AC ligger i stamsporets akse fra stødet A foran tungespidserne til stødet C bag hjertespidsen, og linien BD i det afvigende spors akse fra dettes skæringspunkt B med stamsporets akse til stødet D bag hjertespidsen.

Elementet er bestemt ved længderne AB, BC og BD samt vinklen α. Ved et almindeligt, ret sporskifte er BC = BD. Tg α er sporskiftets hældningsforhold. BD er tangent til kurvens endepunkt.



Figur 5. *Sporskifteelement for i-krummet sporskifte.*

Krumme sporskifters elementer vil få form som vist på fig. 5 og 6 for henholdsvis i-krummede og u-krummede sporskifter, idet punkterne A, B, C og D er defineret som ved et ret skifte, og linierne AE og CE er tangenter til hovedkurven, AE i A og CE i C.



Figur 6. *Sporskifteelement for u-krummet sporskifte.*

Krumningstabeller

For alle DSBs nuværende sporskifter er der udarbejdet krumningstabeller, som bl a kan benyttes ved udregning af mellemskinnernes ændrede længde ved i- og u-krummede sporskifter.

Krumningstabellerne angiver ændringen i skinnelængden med henholdsvis 50 til 100 m's intervaller for radius i stamsporet. Benyttes mellemliggende værdier for radius kan ændringen i skinnelængden bestemmes ved retlinet interpolation.

Krumningstabeller kan bestilles hos bafd's tegningsarkiv. Rettede og nye krumningstabeller udsendes til alle indehavere af normaltegningsmapper.

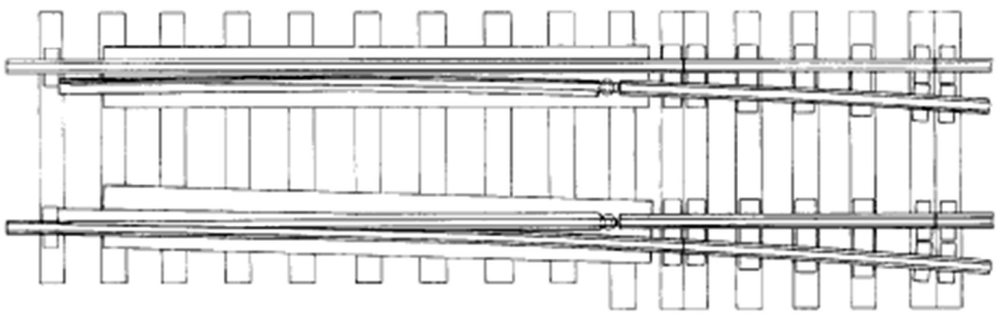
Sporskiftekomponenter

Sporskiftetunger er fremstillet af et lavere profil end de tilsvarende skinner for at kunne glide ind over disses fod ved tungepartiets forende. Tungerne er ved tungepartiets forende afhøvlede i hovedet, således at kørekanten i tilliggende stilling tilnærmelsesvis tangerer kurven i vigesporet. De 3 forskellige tungetyper kan beskrives på følgende måde

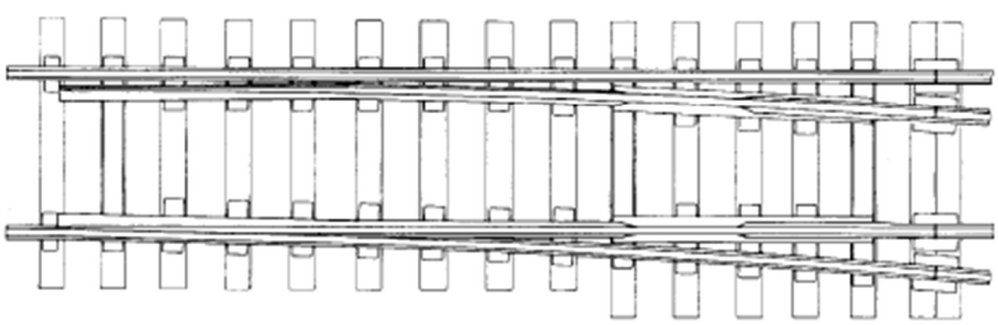
- tunger med drejetap er stive tunger, der i bagenden bevæger sig om en drejetap,
- fjedrende tunger er i bagenden udpresset til normalt skinneprofil, og kan derved samles med mellemskinnerne ved laskeforbindelser. Tungeprofilet er fastspændt på en tungeplade, der er forlænget fremad mod tungespidse for at understøtte den del af tungeprofilet, hvor udfræsning i tungefoden gør det muligt at omstille sporskiftet elastisk. Fjedrende tunger findes kun i sporskifter med skinneprofil DSB 45,
- fjedrende skinnetunger er i bagenden ligeledes udpresset til normalt skinneprofil. Denne bagende stuksvejses sammen med et skinnestykke af normalt skinneprofil, og den elastiske fjedring fremkommer ved udfræsning i foden på det tilsvejste skinnestykke, hvorved bæreevnen ikke formindskes væsentligt. Sporskifter med fjedrende skinnetunger kan indsvejses i spor.

Fjedrende skinnetunger er DSBs nuværende tungetype.

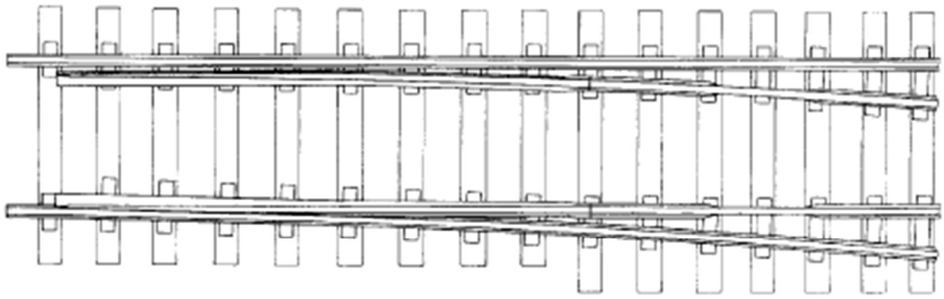
Figur 7-9 viser de 3 tungetyper



Figur 7. *Tunge med drejetap.*



Figur 8. *Fjedrende tunge.*



Figur 9. *Fjedrende skinnetunge.*

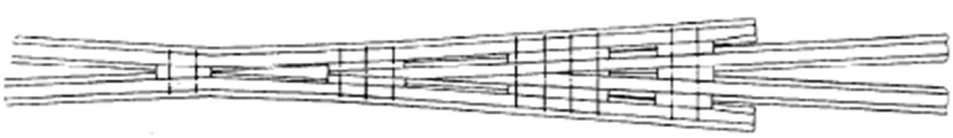
Enkeltkrydsninger støbt i et stykke af manganstål har været anvendt i en periode på ca 30 år.

I sporskifter med skinneprofil UIC 60 er nu indført skinnekrydsninger med hærdet hjertespids og vingeskinne. Manganstålkrydsninger anvendes fortsat i sporskifter med skinneprofil DSB 45.

De 4 forskellige enkeltkrydsninger, der findes i spor i dag, kan beskrives på følgende måde

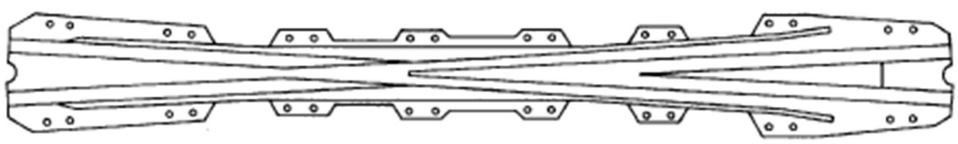
- skinnekrydsning på langplade er fremstillet af skinner og monteret på en gennemgående stålplade eller på enkelte underlagsplader
- krydsning med hjertestykblok er en skinnekrydsning med midterpartiet ved hjertespidsen fremstillet i manganstål
- manganstålkrydsning er støbt i et stykke. Manganstål kan ikke indsvejses i spor, og forbindes derfor til de tilhørende skinner ved klæbestød
- i skinnekrydsningen med hærdet hjertespids og vingeskinne er hjertespidsen fremstillet af et specielt skinneprofil. Alt skinnestål i krydsningen har samme styrke. Hjertespids og vingespids hærdes for at opnå bedre slidstyrke.

Figur 10-13 viser de 4 krydsningstyper



Figur 10. *Skinnekrydsning.*

Figur 11. *Krydsning med hjertestykblok.*

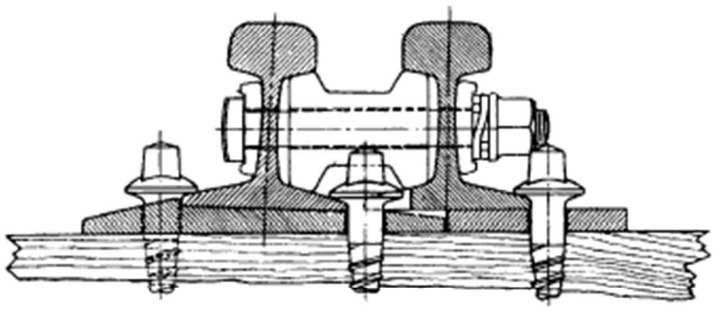


Figur 12. *Manganstålkrydsning.*

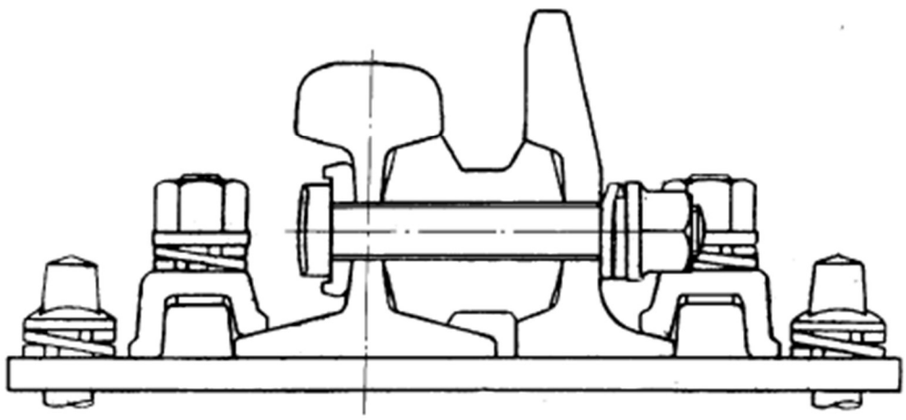
Figur 13. *Skinnekrydsning med hærdet hjertespids og vingeskinne.*

Tvangskinnen er opbygget af et tvangskinneprofil i forbindelse med en sideskinne af normalt skinneprofil. De to profiler samles med en bolteforbindelse.

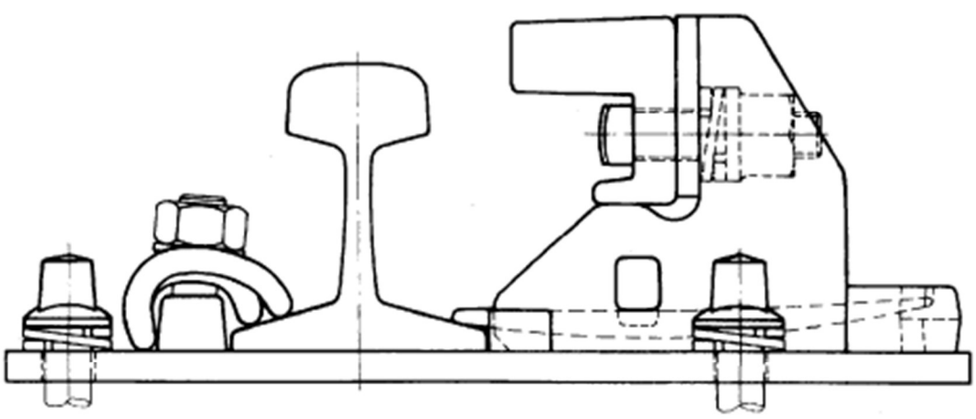
Figur 14-16 viser 3 forskellige tvangskinnetyper, som findes i spor.



Figur 14. *Tvangskinneprofil af almindeligt skinneprofil.*

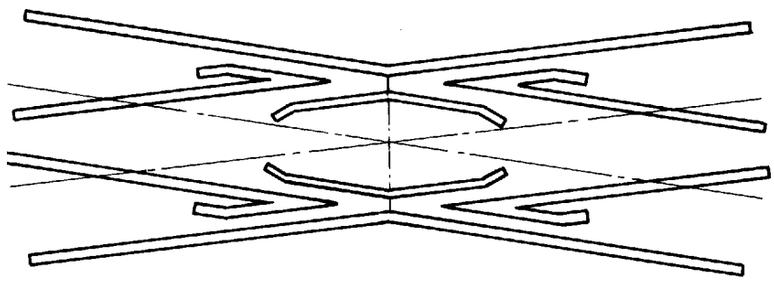


Figur 15. *Højt tvangskinneprofil.*



Figur 16. *Tvangskinneprofil U 33*

Dobbeltkrydsninger er krydsninger med 2 hjertespidser, der benævnes højre og venstre, jf figur 17.



Figur 17. *Dobbeltkrydsning.*

Omstilling og aflåsning

Omstilling af sporskiftet kan ske ved hjælp af

- trækbuk (anvendes i sekundære spor). Trækbukkens drejelige kontravægt sikrer omstilling og fastholdelse af tungen
- underjordisk trækbuk (ved rilleskinnesporskifter)
- centralbetjent mekanisk drev (kan ikke anvendes til sporskifter med skinneprofil UIC 60)
- centralbetjent elektrisk drev.

Aflåsning af sporskiftet kan ske ved hjælp af

- bolt og hængelås (bl a ved nyanlæg og midlertidige aflysninger i stationernes sikringsanlæg)
- rombelås (i forbindelse med trækbuk, centralbetjent mekanisk og elektrisk drev)
- indbygget lås (i centralbetjente elektriske drev). Drevet kan være opskærligt eller uopskærligt. Ved toghastigheder over 120 km/h anvendes altid uopskærlig lås.

I ældre anlæg findes stadig sporskifter, hvor aflåsning sker ved hjælp af hagelås eller pallås.

Håndtering af sporskifter

Tungepartier, krydsninger og tvangskinner skal ved oplagring placeres på et plant underlag med gode understøtninger af kasserede skinner eller sveller.

De yderste understøtninger anbringes 2 1/2 m fra enderne af de enkelte sporskiftedele, og mellemunderstøtningerne anbringes med lige store mellemrum, der ikke må overstige 6 m.

Er oplagringen af længere varighed - et år eller mere - bør delene rustbeskyttes.

Inden ibrugtagning efter oplagring skal alle bevægelige dele renses og smøres.

Transport af sporskiftedele skal foregå på en sådan måde, at delene ikke lider overlast.

Under transport gælder de samme regler for understøtning som ved oplagring.

Af- og pålæsning af tungepartier, krydsninger og tvangskinner skal ske med 2-punkt strop eller åg.

Tillæg 6A
Skinneslid og skinneudveksling

Regler og information vedrørende skinneslid og skinneudveksling er givet i banenorm BN1-107 "Skinner, eftersyn og tilstand", hvortil der henvises.

- Siderne 2 til18 udgår

Tillæg 6B
Udbedring af skinnefejl

Regler og information vedrørende udbedring af skinnefejl er givet i banenorm BN1-107 "Skinner, eftersyn og tilstand", hvortil der henvises.

Supplerende for svejsning i koldt vejr gælder:

Normalt bør skinnesvejsning ikke ske ved temperaturer under -3°C på grund af skinnestålets reducerede kærvslagstyrke, risiko for hærdning og risiko for mangelfuld forvarmning, idet reduceringsventiler for luftarter kan blive tilstoppede på grund af is.

Uanset foranstående kan det undtagelsesvis tillades, at de i forbindelse med skinnebrud nødvendige midlertidige svejsninger udføres ved temperaturer under -3°C, når der iagttages særlige forholdsregler ved udførelse af svejsningerne, og når svejsningerne udskiftes i forbindelse med den endelige reparation.

Justering af stødspillerum

Ved udførelse af spor med lasket konstruktion indlægges stødspillerum i henhold til figurerne 1-5.

Skinnevandring kan forebygges ved påsætning af vandreklemmer, ved forbedring af befæstelse, og ved tilstrækkelig ballastmængde mellem svellerne.

Regulering af en sporstrækning, hvor skinnevandring har fundet sted, sker over en passende delstrækning ad gangen ved trækning af skinnerne med en skinnetrækker, så stødspillerummene kommer til at stemme overens med størrelserne i figurerne 1 - 5. En afvigelse på ± 1 mm kan tolereres.

Arbejdet skal udføres ved nogenlunde konstant temperatur mellem 5°C og 20°C. Samtidig med skinnetrækningen skal der foretages regulering af svellerne. Efter en større regulering skal foretages gennemgående justering.

Skinnetemperatur i °C målt med skinnetermometer	stødspillerum i mm
0 til + 8	13
+ 9 " +11	11
+12 " +14	9
+15 " +17	7
+18 " +20	5

Figur 1. *Stødspillerum ved 60 m skinnelængde af profil DSB 60 og UIC 60 i stenballast.*

Skinnetemperatur i °C målt med skinnetermometer	stødspillerum i mm
- 5 til - 3	12
- 2 " 0	11
+ 1 " + 3	10
+ 4 " + 6	9
+ 7 " + 9	8
+10 " +12	7
+13 " +15	6
+16 " +18	5
+19 " +21	4
+22 " +24	3
+25 " +27	2
+28 " +30	1

Figur 2. *Stødspillerum ved skinnelængderne 23, 29 og 30 m for ovbg B (DSB 37), Bt (DSB 45), C (DSB 45) og DSB 60 i stenballast.*

Skinnetemperatur i °C målt med skinnetermometer	stødspillerum i mm
- 9 til - 5	10
- 4 " 0	9
+ 1 " + 5	8
+ 6 " +10	7
+11 " +15	6
+16 " +20	5
+21 " +25	4
+26 " +30	3

Figur 3. *Stødspillerum ved 18 m skinnelængde for ovbg B (DSB 37)i stenballast.*

Skinnetemperatur i °C målt med skinnetermometer	stødspillerum i mm
-12 til - 6	8
- 5 " 0	7
+ 1 " + 6	6
+ 7 " +12	5
+13 " +18	4
+19 " +24	3
+25 " +30	2

Figur 4. *Stødspillerum ved skinnelængderne 14 og 15 m for ovbg B (DSB 37), B (DSB 45), Bt (DSB 45) og C (DSB 45) i stenballast.*

Skinnetemperatur i °C målt med skinnetermometer	Stødspillerum i mm for en skinnelængde i m						
	18	15	14	12	11	9	7.3
-12 til - 6	11	10	9	8	7	6	5
- 5 " 0	10	9	8	7	6	5	4
+ 1 " + 6	9	8	7	6	5	5	4
+ 7 " +12	8	7	6	6	5	4	3
+13 " +18	7	6	6	5	4	4	3
+19 " +24	6	5	5	4	4	3	2
+25 " +30	5	4	4	3	3	2	2

Figur 5. *Stødspillerum for andre sportyper i sten- og grusballast.*

Tillæg 6D
Forberedelse og udførelse af justeringsarbejder

Der henvises til Banenorm BN1-38 „Sporbeliggenhedskontrol og sporkvalitetsnormer".

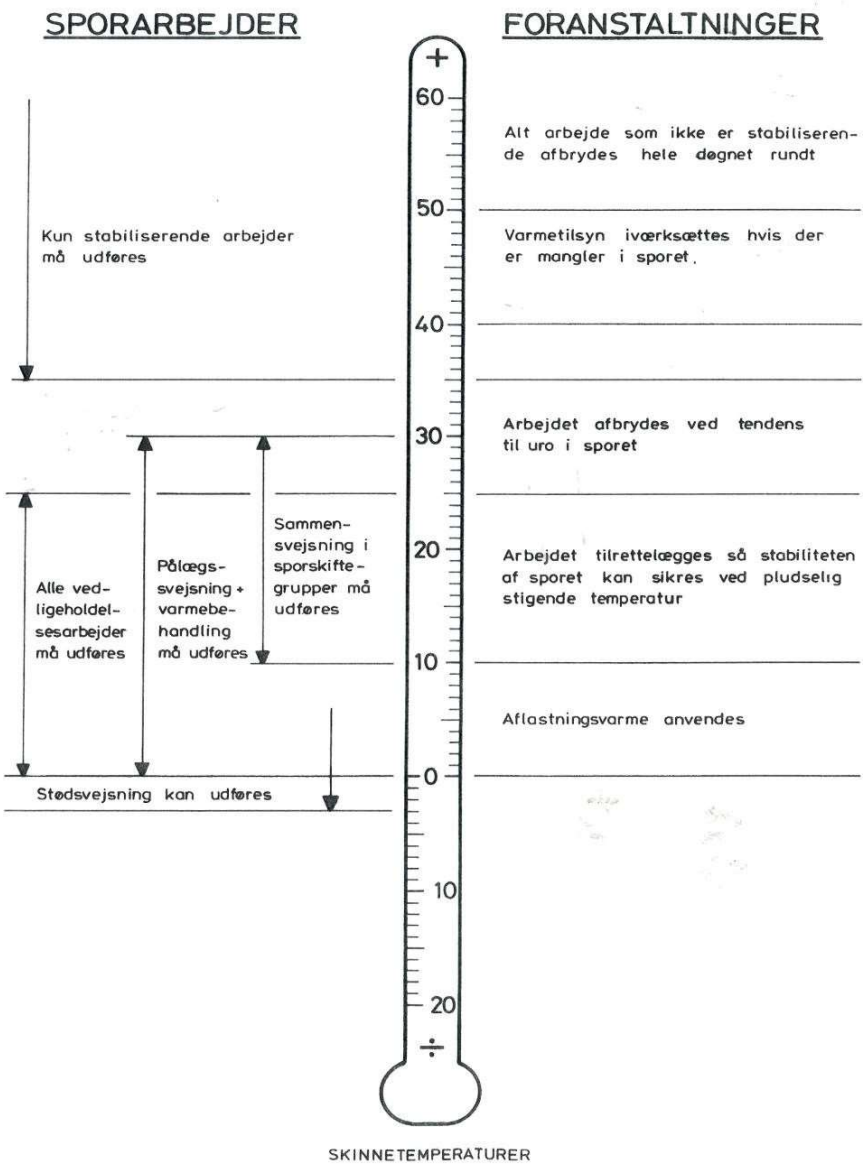
Tillæg 6E
Solkurver

Regler og information vedrørende dannelse og udbedring af solkurver er beskrevet i BN1-66 ”Langskinnespor. Spændingsudligning og indgreb i spændingsudlignet spor”, hvor til der henvises.

For krav vedrørende sporjustering og største hastighed efter sporjustering henvises til BN1-38 ”Sporbeliggenhed og sporkvalitetsnormer”.

Sporarbejder i varmt og koldt vejr

Temperaturskemaet i figur 1 giver en oversigt over gældende regler for udførelse af sporarbejder i varmt og koldt vejr.



Figur 1. *Sporarbejder i varmt og koldt vejr*

Tillæg 6F
Sporskiftekort

Regler og information vedrørende sporskiftekort er givet i

- banenorm BN1-14 "Projektering, tilstand og eftersyn af sporskifter og sporskæringer"

og

- banenorm BN2-15 "Projektering, etablering, tilstand og vedligeholdelse af sporskifter og sporskæringer"

hvortil der henvises.

Tillæg 6F, siderne fra side 2 til og med side 8 udgår

Tillæg 6G
Justering af sporskifter

Der henvises til Banenorm BN1-38 „Sporbeliggenheds-kontrol og sporkvalitetsnormer".

Tillæg 6H
Kvalitetsberegningssystem for sporkvalitet

Der henvises til Banenorm BN1-38 „Sporbeliggenhedskontrol og sporkvalitetsnormer".

Tillæg 6l
Målehyppighed for togvejsspor, hvor V ≤ 40 km/h

Der henvises til Banenorm BN1-38 „Sporbeliggenheds-kontrol og sporkvalitetsnormer".