

**P. H. BENDTSEN**

# **Jernbanespor**

Udgiven af  
**Polyteknisk Forening**  
København 1953



f. W. Christiansen  
1354048

7300

9.00

**P. H. BENDTSEN**

# **Jernbanespor**

Udgivet af  
**Polyteknisk Forening**  
København 1953

I nærværende bog er givet en kort oversigt over danske baners spor konstruktioner m.v., ligesom overbygningstyperne ved forskellige udenlandske baner samt sporvejsspor behandles. De vigtigste problemer i forbindelse med jernbanesporets teori behandles også, herunder udledning af formler, hvilket f.eks. ikke omtales i jernbanernes sporregler.

Jeg vil gerne rette en særlig tak til afdelingsingeniør Erik Petersen, DSB, for gennemsyn af hele bogen. For hjælp ved udarbejdelsen vil jeg endvidere gerne takke banechef Christophersen, Københavns Sporveje, afdelingsingeniør Schaffalitzky de Muckadell, baneingeniørerne Hjelte Clausen og Micheli Jessen, DSB, og ingeniør Vinter, Svejsecentralen. Baneingeniør F.P. Pedersen, takkes for hjælp ved korrekturlæsningen.

København, August 1953.

P.H. Bendtsen.

## INDHOLDSFORTEGNELSE.

	Side
Jernbaners længdeprofil .....	1
Sporvidden .....	5
Sporkurver .....	9
Fritrumsprofiler .....	17
Skinner .....	23
Skinnelængden .....	30
Sveller .....	37
Skinnebefæstelse .....	45
Skinnestød .....	55
Særlige sporkonstruktioner .....	63
Ballast .....	65
Overbygningsberegning .....	71
Sporskifter .....	78
Maksimalhastighedens afhængighed af banens udstyr .....	90
Sporvedligeholdelse .....	95
Internationale og danske bestemmelser vedr. banetekniske forhold .....	106
Litteraturhenvisninger .....	107



## JERNBANERS LÆNGDEPROFIL.

8  
↓

Stigningsforholdet for jernbaner angives som regel i ‰. DSB anvender dog i tjenestekøreplanen bogstaver, således at f.eks. en A-strækning har stigning 8,33 - 10,00 ‰, en B-strækning 6,68 - 8,32 ‰ og en C-strækning 5,01 - 6,67 ‰. Denne inddeling i grupper har betydning ved bestemmelse af, hvor stor en togvægt et givet lokomotiv kan trække over en banestrækning med en given hastighed.

Jernbanernes maximalstigning er mindre end vejenes. Banernes maximalstigning varierer iøvrigt med det terræn, som banen kører igennem.

I sletteland er en maximalstigning på 5 ‰ almindelig, og dette er da også maximalstigningen f.eks. for Korsørbanen. Kurve-radius må i sletteland helst ikke være mindre end 1.000 m.

I bakkeland anvendes som regel en maximalstigning på 10 ‰. Denne stigning er således anvendt på hovedbanerne på Fyn og i Jylland. Kurve-radius må helst ikke være under 600 m. Roebanerne på Fyn, se iøvrigt side 8, har en maximalstigning på 22,5 ‰.

For hovedbaner i bjergland går man nødig over 25 ‰ maximalstigning og under 180 m med kurveradius.

For Adhæsiionsbaner kan anvendes indtil ca. 70 ‰ stigning, hvilket er maximalstigning for Üetlibergbanen ved Zürich. Flåmsbanen i Norge, der går fra det højeste punkt på Bergensbanen ned til Sognefjorden, har en maximalstigning på 55 ‰.

Ved større stigninger må man gå over til tandhjulsbaner, der kan anvendes indtil 500 ‰.

Såfremt en endnu større stigning er ønskelig, anlægges banen som tovbane.

Faldtal. Faldet på en banestrækning angives af DSB som et faldtal, hvilket tal anvendes til beregning af bremseprocenten. Enhver bane har 2 faldtal, et gældende for hver retning. Faldtallet for en bestemt retning, regnet fra en station til en anden, er det hele tal, der angiver den største højdeforskel i m, som indenfor strækningen findes mellem 2 punkter, der ligger i en afstand af 1 km.

Kurvemodstand. Ved kørsel i kurver optræder en forøget modstand som følge af kurven. Denne "kurvemodstand" kan beregnes i ‰ af Röckls-formel:

$$r = \frac{650}{R - 55} \text{ ‰}$$

I kurver bør maximalstigningen, der ellers er gældende for banen, reduceres med den efter Röckls formel bemærkede kurvemodstand.

Tunnelmodstand. Også i tunneler med større længde end 200 m bør maximalstigningen reduceres. Årsagerne hertil er bl.a., at den af lokomotiverne sammenpressede luft ikke kan vige ud til siden (1).<sup>+</sup>

Bremsefald. Når et tog bevæger sig ned ad en banestrækning med et vist fald og med dampen slået fra, vil togets hastighed tiltage, til modstanden bliver så stor, at hastigheden bliver konstant. Hvis denne hastighed netop er lig togets tilladelige hastighed, kaldes faldet bremsefaldet. Bremsefaldet er altså afhængigt af togets tilladelige hastighed. For godstog kan bremsefaldet ligge omkring 3-4 ‰, for hurtigtog på omkring det dobbelte.

Skadelig stigning. På jernbanestrækninger med større fald end bremsefaldet, vil et vist bremsearbejde være nødvendigt, hvorfor man betegner en sådan stigning som en skadelig stigning, medens en stigning, der er mindre end bremsefaldet, betegnes som en uskadelig stigning. En uskadelig stigning er uden betydning for energiforbruget ved togenes fremførelse.

Tabt stigning. Ved baner, der skal overvinde en større højdeforskel på en så kort strækning som mulig og som, for at få så lille længdeudvikling som mulig, udføres med stor maximalstigning, er enhver nedsættelse af den tilladelige maximalstigning - endsige et indskudt fald - en tabt stigning, da der herved fremkommer højde-

---

<sup>+</sup>) Se litteraturfortegnelsen side 107.



tab og dermed yderligere forlængelse af linien. Dog er i mange tilfælde formindskelse af maximalstigningen og dermed tabte stigninger nødvendige f.eks. på stationer og for at opnå en på anden måde gunstig linieføring f.eks. ved en skæring med en flod eller lignende.

Bestemmelse af max.stigning. Særlig ved anlæg af bjergbaner har man i tidens løb forsøgt at finde metoder til beregning af den gunstigste maximalstigning. (2) Denne er imidlertid afhængig såvel af anlægsudgifterne for projekter med forskellig maximalstigning som af den trafikmængde, der til sin tid vil komme på banen, og man er ikke kommet til nogen brugbar almindelig beregning.

Virtuel længde. (3) Et middel til sammenligning af flere jernbanelinier med forskellige stignings- og kurveforhold er den virtuelle længde, der bestemmes ved, at man erstatter hver af de projekterede banelinier med en lige og vandret bane af en sådan længde, at denne "tænkte" linie kan betragtes som ækvivalent med den virkelige. Denne tænkte linies længde kaldes den virtuelle længde, og man reducerer sammenligningen af linierne til en sammenligning af deres virtuelle længder.

I årenes løb har der f.eks. i Tyskland og Schweiz været gjort en mængde forsøg på at opstille brugbare metoder til udregning af virtuelle længder. Ved beregningen kan anvendes forskellige grundlag. Man kan f.eks. forlange, at der til gennemkørsel af den tænkte linie skal medgå samme køretid som på den virkelige bane. Man kan også gå ud fra, at energiforbruget i de 2 tilfælde skal være ens, eller at de samlede transportudgifter skal være ens. Forskellige forfattere er imidlertid kommet til meget afvigende størrelser for de virtuelle koefficienter. I nedenstående tabel angives 3 sæt koefficienter. Som det ses, er afvigelserne meget betydelige.

Stigning	Virtuelle koefficienter		
	a	b	c
0 ‰	1,0	1,0	1,0
10 "	1,3	4,3	5,8
15 "	1,6	6,0	8,7
20 "	2,2	7,8	12,1
25 "	2,8	9,7	15,5

Den midterste række i tabellen er baseret på, at energiforbruget for den tænkte vandrette og den virkelige linie skal være ens. For 3,1 ‰ fald og større fald regnes den virtuelle koefficient = 0. Beregningen af den virtuelle længde udføres således, at længden af hver enkelt banestrækning med konstant stigning multipliceres med den til strækningen svarende virtuelle koefficient og de virtuelle længder for de enkelte strækninger derefter adderes. Det fremgår af den store afvigelse i koefficienterne, at det alt i alt er et temmelig usikkert begreb.

Afrundingskurver. Ved overgang fra en strækning med en stigning til en strækning med en anden stigning indlægges en afrundingskurve. Ved togets passage gennem afrundingen fremkommer en centrifugalkraft, der ved opadgående knæk forsøger at slynge toget væk fra sporet og ved nedadgående knæk forøger akseltrykket. Bl.a. for at denne centrifugalkraft ikke skal blive for stor, er det nødvendigt med en stor radius i afrundingskurven. Ved nedadgående knæk kan der ved for lille afrundingsradius opstå fare for, at toget trækkes over (4). Ved kørsel ned ad bakke, hvor bremsning måske har været nødvendig, bliver alle bufferne trykket sammen, og idet lokomotivet passerer dybdepunkt og begynder at trække, kommer der pludseligt træk i trækkrogene og dermed fare for, at toget sprænges. Denne fare undgås også ved passende stor afrundingsradius. Radius bestemmes af formlen  $R = \frac{v^2}{2}$ . For hovedbaner skal afrundingsradius mindst være 5.000 m.

Tangentlængden for afrundingskurven kan bestemmes af formlen, se fig.1:

$$T = R \times \left( \operatorname{tg} \frac{\alpha_1 + \alpha_2}{2} \right) = R \times \frac{p \text{ ‰} + q \text{ ‰}}{2000}$$



SPORVIDDEN.

Kørekanten. Sporvidden for en jernbane er afstanden mellem indersiden af skinnehovederne. Da skinnehovedet er afrundet, fastsætter de enkelte jernbanestyrelser, i hvilken afstand under skinneoverkanten sporvidden skal måles. For DSB er denne afstand 16 mm. En linie beliggende 16 mm under skinnehovedet betegnes kørekanten. Normalsporvidden er 1435 mm.

Sinusløb. (5) Bilhjul drejer om en fastsiddende aksel. Jernbanehjul er derimod fastkilet på akslen, der altså drejer med rundt under kørslen. På hjulfælgen er fastpresset en hjulbandage eller hjulring, som ses på fig.2. Denne aftages med mellemrum og afdrejes.

Et hjulsæt vil under løb ad et lige spor som følge af hjulbandagernes koniske form bevæge sig fremad i sporet i en sinuskurve, således at hjulenes flanger eller styrekranse skiftevis standses af sporets to skinner, hvad der - navnlig ved store hastigheder - kan give anledning til ubehagelige, rytmiske sving-

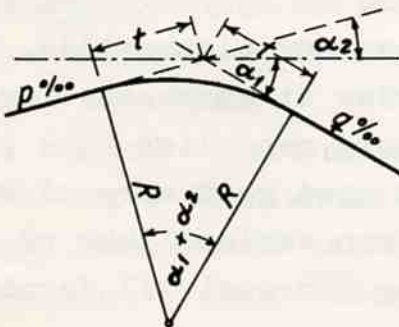


Fig. 1: Beregning af tangentlængde for afrundingskurve.

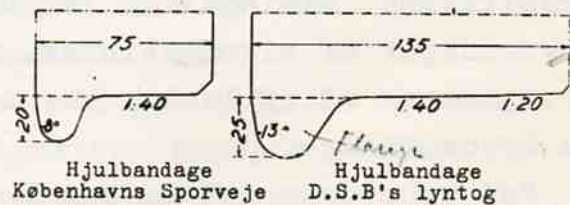


Fig. 2.

$$l = 2\bar{u} \sqrt{\frac{r \cdot S}{2 \cdot \gamma}} = 2\bar{u} \sqrt{\frac{0.5 \cdot 1.5}{2 \cdot \frac{1}{20}}} \approx 17 \text{ m (frekvens i Sinuskurve længderetning.)}$$

$r$  = hjulradius  
 $S$  = sporvidde  
 $\gamma$  = hjulbandagens hældning



ninger af køretøjet. Beregninger og forsøg har vist, at sinuskurvens bølgelængde vokser med aftagende hældning af hjulsettets løbeflade, og medens man i almindelighed anvender hældningen 1:20, benytter man derfor ved hurtigkørende jernbanevogne, f.eks. ved de danske lyntog, hældningen 1:40. Afstanden mellem flangerens ydersider målt 10 mm under skinneoverkant er 1425 mm, således at der normalt er 10 mm spillerum mellem hjul og skinne.

Skinnehældning. I almindelighed anbringes skinnerne i jernbanespor således, at de hælder ind mod spormidten. 1:20 mod en lodret plan (se fig.27 side 48). Hældningen, der svarer til hjulbandagerens konicitet, bevirker, at skinnerne bedre kan optage de vandrette påvirkninger, og at trykket fra den koniske bandage falder midt på skinnehovedet. Det har været en del omstridt, hvorvidt skinnehældning bør foretrækkes fremfor lodretstående skinner, og det kan anføres, at man i Amerika ofte har anvendt det sidste, idet bandagerne da gøres cylindriske. I Frankrig foretog man omkring 1918-20 flere forsøg med lodrette skinner. Resultatet af forsøgene blev imidlertid, at man bestemte sig til at bibeholde skinnehældning 1:20 undtagen i sporskifter. I sporskifter anvendes så godt som altid lodrette skinner, idet hældende skinner gennem et sporskifte vil medføre forskellige konstruktive vanskeligheder.

Sporvognshjul. Fig.2 viser hjulbandagen på et sporvognshjul; det ses, at hjulet er meget smallere (75 mm) end jernbanehjulet (135 mm). Jernbanehjulets store bredde er nødvendig af hensyn til hjulets passage gennem krydsningerne i sporskifter, se side 83. Skinnekrydsninger ved sporvognssporskifter er indrettet således, at hjulene kører på flangerne, og dette kan lade sig gøre på grund af sporvognenes mindre hastighed. Sporvejene anvender iøvrigt omtrent normalsporvidde, nemlig 1431 mm målt 9 mm under skinneoverkant, således at sporvogne for så vidt godt kan køre på almindelige jernbanespor, men altså ikke passere sporskifterne. Almindelige jernbanevogne kan også godt køre på et sporvognsspor af vognets skinner, se side 26, men derimod ikke på et sporvognsspor af rilleskinner, idet rillen er for smal til jernbanehjulets brede flange.

Ved sporvognshjul er man i de senere år kommet ind på at give bandagerne mindst mulig hældning f.eks. 1:40 (se fig. 2), idet man her-



ved får mindst slingren af vognene (jfr. foran under Sinusløb). Københavns Sporveje mener, at cylindriske bandager på indrettede skinner er det ideelle, idet man herved får det mindste slid og den roligste kørsel.

Sporudvidelse. I sporkurver vil hjulene på vogne, hvis aksler ikke kan indstille sig radiært i kurven, danne en spids vinkel med skinnestrengene, og derved kræve større sporvidde end i lige spor. Det forannævnte 10 mm spillerum vil ved forholdsvis flade kurver give tilstrækkelig plads til køretøjernes passage. Ved mindre radier derimod vil det være nødvendigt at anvende en større sporvidde - at give sporudvidelse. Sporudvidelse bør vælges så lille som muligt, d.v.s. således at selv det ugunstigste køretøj lige akkurat ikke kan komme til at klemme i sporet. Dette gøres af hensyn til kurvesliddet på den udvendige skinnestreng, idet dette, på grund af køretøjernes spidsløb i kurven, vokser væsentlig med sporudvidelsen.

Sporudvidelse tilvejebringes ved trækning af den indre skinnestreng. Den skal begynde i overgangskurvens begyndelsespunkt og tiltage jævnt til denne kurves endepunkt.

Ved DSB gives sporudvidelse efter følgende regler:

kurveradius i m	299-250	249-160	< 160
sporudvidelse i mm	5	10	15

Normal sporvidde. Ca. 70 % af jordens jernbanenet har normalsporvidde 1435 mm, nemlig jernbanerne i vesteuropa minus Spanien og Irland samt banerne i USA (sporvidden er dog her 1448 mm), Iran, Tyrkiet og Kina m.v. (6).

Bredspor. I Rusland anvendes sporvidden 1524 mm, der i sin tid blev valgt af militære grunde. Ca 10 % af jordens jernbaner har denne sporvidde.

Endnu større sporvidder anvendes i Brasilien og Irland 1600 mm, i Spanien 1670 mm og i Indien 1676 mm. Ca. 7 % af jordens jernbanenet har disse sporvidder.

Smalspor. Sporvidderne imellem normalspor 1435 mm og kapspor 1067 mm er ikke anvendt. Betegnelsen kapspor stammer fra, at banerne i Sydafrika er anlagt med denne sporvidde. Det drejer sig om landets hovedbaner. Hovedbanenettet i Japan er også anlagt



med denne sporvidde. Maksimalhastigheden er højst 100 a 120 km/t, altså noget mindre end for normalsporede baner, hvor man i flere lande har plantog med maksimalhastighed 160 km/t. Der findes også hovedbaner med 1000 mm sporvidde, men smalsporbaner er iøvrigt som regel lokalbaner, hvoraf mange i de senere år som følge af bilkonkurrencen er nedlagt. Ca. 10 % af jordens jernbanenet har sporvidderne 1000 eller 1067 mm. Der findes også smalsporbaner med sporvidder under 1000 mm.

Her i Danmark har alle baner normalsporvidde med undtagelse af de bornholmske baner, der har sporvidde 1000 mm, og roebanerne, der har 700 mm sporvidde. Ialt findes der på Lolland, Vestfyn og Vestsjælland ca. 560 km roebaner. Til sammenligning kan anføres, at den samlede længde af statsbanenettet er 2650 km. Roetransporten er ikke ubetydelig, således transporterer de lollandske roebaner en flere gange større godsmængde end de egentlige lollandske privatbaner.

Arbejdsspor. Ved entreprenørarbejder anvendes stadig i ret stort omfang transport med tipvogne på arbejdsspor. Der anvendes i almindelighed vognstørrelser fra  $3/4 - 2 \text{ m}^3$ . Til de mindste vogne anvendes 600 mm sporvidde og til de større vogne op til 785 mm, som angivet i nedenstående tabel. Arbejdsspor med sporvidde 600 mm betegnes undertiden Decautillespor efter et af de firmaer, der leverer det. Lettere arbejdsspor <sup>kan</sup> leveres med skinnerne fastboltet til flade jernsveller.

Til de små vognstørrelser er det fordelagtigt også at vælge et let spor, som angivet i tabellen, da man ved at lade de lette vogne køre på svære skinner får "hård kørsel", der giver forøget slid både på spor og vogne.

Vognstørrelse	$3/4 \text{ m}^3$	1 à $1 \frac{1}{4} \text{ m}^3$	$1 \frac{1}{2}$ à $2 \text{ m}^3$
Skinnevægt	10-12 kg/m	14-15 kg/m	18-22 kg/m
Sporvidde	600 mm		750 og 785 mm



## SPORKURVER.

Sporkurver i jernbanespor udføres normalt som cirkelbuer, idet der dog mellem den retlinede strækning og cirklen som regel indlægges en overgangskurve.

Krumningsforholdene angives næsten altid som kurveradius R, der måles i meter.

I England måles kurveradius dog i "chains". 1 chain = 66 fod = 20,116 m.

I U.S.A. angives krumningsforholdene i grademål. En kurve på 1 grad defineres som en cirkel, i hvilken en bue på 1 grad har en længde på 100 fod. Radius i en kurve på 1 grad er da:

$$\frac{100 \cdot 360}{2\pi} = 5730 \text{ fod} = 1746 \text{ m.}$$

Angående den mindste tilladelige kurveradius for hovedspor henvises til side 1 og for sidespor henvises til "Moderne jernbanestationer", side 165. I kurver lægges sporet normalt med overhøjde.

### I. Fuld overhøjde.

Kurveradius = R m. Hastigheden = v m/sek.  $\sin \alpha$  sættes lig  $\text{tg} \alpha$ . Af fig. 3 fås, når centrifugalkraften helt skal afbalanceres:

$$\text{overhøjden: } h = s \text{ tg} \alpha = s \cdot \frac{m}{R \cdot m} \cdot \frac{v^2}{g} =$$

$$1500 \cdot \frac{v^2}{R \cdot 9,81} = 153 \frac{v^2}{R} \text{ mm.}$$

Såfremt V regnes i km/t, fås fuld overhøjde

$$h = 153 \cdot \frac{v^2}{3,6^2 R} = 11,8 \cdot \frac{v^2}{R} \text{ mm.}$$

Normalt regnes dog med:  $h = 8 \frac{v^2}{R}$ .

II. Uafbalanceret sideacceleration  $p < 0,6 \text{ m/sek}^2$ .

a. Hvis der ikke er fuld overhøjde, fås den uafbalancerede sideacceleration:

$$p = \frac{v^2}{3,6^2 R} - g \operatorname{tg} \alpha = \frac{v^2}{13 R} - g \cdot \frac{h}{s} = \frac{v^2}{13 R} - \frac{9,81 \cdot h}{1500}$$

$$= \frac{v^2}{13 R} - \frac{h}{153}$$

Af denne ligning fås:

$$h = \frac{11,8 v^2}{R} - 153 p \text{ mm}$$

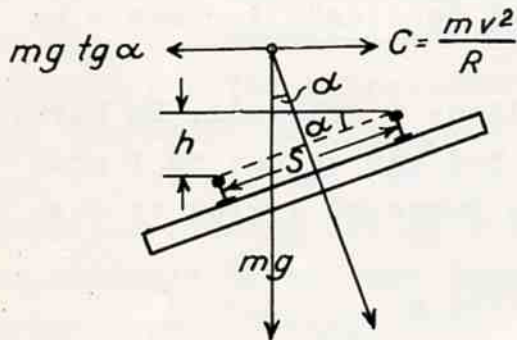


Fig.3: Beregning af overhøjde.

b. Mindste tilladelige overhøjde.

Den uafbalancerede sideacceleration må højst være  $p = 0,6$ , altså skal overhøjden mindst være:

$$h = \frac{11,8 v^2}{R} - 153 \cdot 0,6 \text{ mm} =$$

$$\frac{11,8 v^2}{R} - 90 \text{ mm}$$

c. Hastigheden V ved overhøjde 0.

$$0,6 = \frac{v^2}{13 R}, \quad v = \sqrt{13 \cdot 0,6 \cdot R}$$

$$= 2,8 \cdot \sqrt{R} \text{ km/t}$$

d. Hastigheden V ved overhøjde  $\frac{1}{10} \sim 15 \text{ cm}$ .

Den største overhøjde, der kan tillades - under hensyn til, at det kan ske, at et tog kommer til at holde stille i kurven - er 150 mm svarende til en sidehældning på 1:10. (Ved perroner anvendes helst ikke mere end 60 og højst 100 mm overhøjde).

$$0,6 = \frac{v^2}{13 R} - 9,8 \cdot \frac{1}{10}, \quad v = \sqrt{13 \cdot 1,6 \cdot R} = 4,5 \sqrt{R} \text{ km/t}$$



### III. Overhøjderamper.

#### a. Rampelængden (7).

Imellem et retlinet spor med overhøjde 0 og en kurve med overhøjde  $h$  indlægges en overhøjderampe (se fig.5 side 14). Der fremkommer derved et "knæk" i den ydre skinnes længdeprofil. Når en vogn kører ind på rampen, vil dens udvendige fjedre sammentrykkes og derefter komme i svingninger. Det største svingningsudslag  $\Delta$  er proportionalt med vognens hastighed  $V$  (km/t) og rampestigningen  $s$  (‰):

$$\Delta = k \cdot V \cdot \frac{s}{1000} \text{ cm}$$

Forsøg har vist, at konstanten  $k$  er lig 5, og at største tilladelige udslag er 0,5 cm. Man får herefter:

$$s = \frac{0,5 \cdot 1000}{5 \cdot V} = \frac{100}{V} \text{ ‰,}$$

hvoraf rampelængden kan beregnes, når overhøjden  $h$  er kendt.

Såfremt rampen udføres s-formet (se nedenfor), vil vognfjedrene ikke komme i svingninger. Rampestigningen begrænses i dette tilfælde af hensynet til, at vinklen mellem en vogns 2 aksler ikke må overskride en vis størrelse, altså af at akslernes vridning i forhold til hinanden skal holdes indenfor visse grænser. Praksis har vist, at rampestigningen af denne grund ikke må overstige 2,5 ‰. (8)

#### b. Krydsende overhøjderamper ved slangekurver.

Ved slangekurver anvendes såkaldte "krydsende overhøjderamper" som vist på fig. 4. Det ses, at man lader overhøjderamperne

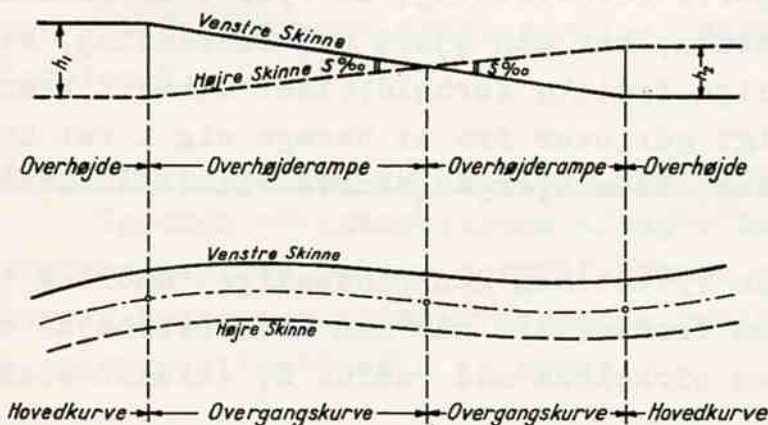


Fig.4: Krydsende overhøjderamper.

med stigning  $s$  ‰ beregnet af ovenstående udtryk støde sammen. Ramperne udføres imidlertid krydsende således, at rampestigningen i forhold til det oprindelige spor kun bliver ca. halvt så stor som beregnet, medens rampernes indbyrdes stigning bliver ca. den oprindeligt beregnede. Man opnår herved, at det ovennævnte

"knæk" i den ydre skinnes længdeprofil kun bliver "halvt" så stort som hvis overhøjderamperne udførtes "ikke krydsende".

IV.

a. Ryk  $\psi = \frac{p}{t} < 0,85 \text{ m/sek}^3$  (9) (Oprindelig definition, anvendt i D.S.B.'s sporregler 1946).

Den "hastighed", hvormed den uafbalancerede sideacceleration ændres ved kørsel fra ret bane til kurve, betegnes:

$$\text{"Rykket"} = \psi = \frac{p}{t}$$

hvor t er tiden, det tager at køre gennem overgangskurven. Såfremt der er fuld overhøjde, og overhøjden i hvert enkelt punkt af overgangskurven svarer til radius i punktet, bliver sideaccelerationen  $p = 0$  og altså  $\psi = 0$ .

Beregning af rykket har særlig betydning i kurver uden overhøjde og overgangskurve. I så tilfælde har man fundet på at fastsætte t som tiden, det tager, fra den forreste boggie i vognen passerer tangentpunktet til bageste boggie passerer tangentpunktet. Idet boggiecenterafstanden betegnes a, får man:

$$t = \frac{a \cdot 3,6}{v}, \quad \psi = \frac{v \cdot v}{3,6 \cdot a} = \frac{v^2 \cdot v}{13 \cdot R \cdot 3,6a} = \frac{v^3}{46,8 \cdot R \cdot a}, \quad v = 3,6 \sqrt[3]{\psi \cdot a \cdot R} \text{ km/t}$$

Indsættes  $\psi = 0,85 \text{ m/sek.}^3$  og  $a = 15 \text{ m}$ ,  
fås:  $v = 8,5 \sqrt[3]{R}$

b. Ryk  $\Delta p < 0,6 \text{ m/sek}^2$ . (Ny definition) (10).

Mod den under IV a gjorte forudsætning, at rykket fremkommer "over" boggiecenterafstanden a, har man gjort den indvending, at den ikke stemmer med de virkelige fysiske forhold, idet ethvert tværsnit af vognen faktisk pludseligt går over fra at bevæge sig i ret bane til at bevæge sig i en cirkelbue. Uden overgangskurve bliver t altså nul og dermed  $\psi = \infty$ .

I stedet definerer man rykket som den pludselige "ændring i sideacceleration" =  $\Delta p$ , som fremkommer, når man uden overhøjde og overgangskurve kører fra en cirkelbue med radius  $R_1$  (sideaccelera-



tion:  $p_1$ ) til en cirkelbue med radius  $R_2$  (sideacceleration  $p_2$ ), idet der regnes med fortegn, eftersom buernes centrum ligger til samme eller modsat side, altså:

$$\Delta p = p_1 + p_2 = \frac{v^2}{13} \cdot \left( \frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2} \right) \text{ jfr. II c.}$$

såfremt  $R_2 \rightarrow \infty$  får man:

$$\Delta p = 0,6 = \frac{v^2}{13 R_1} \text{ og } v = 2,8 \sqrt{R_1}$$

og såfremt  $R_1 = R_2$  (slangekurver), får man:

$$\Delta p = 0,6 = \frac{v^2}{2 \cdot 13 R_1} \text{ og } v = 2,8 \sqrt{\frac{R_1}{2}}$$

Hastighedsbestemmelsen efter sidste ligning forudsætter, at tangenterne falder sammen. Man kan nu spørge, hvor langt skal det rette stykke  $z$  mellem tangenterne være, for at man kan tillade sig at bestemme hastigheden af ligningen  $v = 2,8 \sqrt{R_1}$ . Det har vist sig, at når tiden, der går mellem de to ryk til hver sin side, er mindre end 0,7 sek., føles de som to enkelte ryk og ikke som eet stærkt ryk. Tiden  $t$  det tager at køre gennem længden  $z$  med hastigheden  $v$  fås således:

$$t = 3,6 \cdot \frac{z}{v} = 0,7 \text{ eller}$$

$$z = \frac{v}{5}$$

Altså når  $z > \frac{v}{5}$ , kan man beregne hastigheden af:  $v = 2,8 \sqrt{R}$ . For lavere værdier af  $z$  beregnes maksimalhastigheden af ligningen  $v = 5z$ , såfremt denne værdi er større end den, der fås af formlen  $v = 2,8 \sqrt{\frac{R}{2}}$ .

#### V. Overgangskurve med retlinet overhøjderampe: 3° grads parabel.

Igennem overgangskurven aftager kurveradius fra  $\infty$  til  $R$ . Overgangskurven falder normalt sammen med overhøjderampen, og herved bestemmes altså overgangskurvelængden  $L$ , når overhøjden  $h$  og rampestigningen  $s$  er kendt.

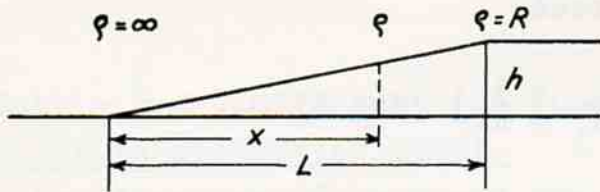


Fig.5: Retliniet overhøjderampe.

For  $x = 0$  er  $\phi = \infty$  og  
for  $x = L$  er  $\phi = R$ .

Man får med tilnærmelse:

$$\frac{1}{\phi} = \frac{d^2 y}{dx^2} = \frac{x}{C}, \quad \frac{dy}{dx} = \frac{x^2}{2C} \quad \text{og}$$

$$y = \frac{x^3}{6C}$$

C bestemmes således:

$$\frac{1}{R} = \frac{L}{C}, \quad C = R \cdot L \quad \text{og altså}$$

$$y = \frac{x^3}{6 \cdot R \cdot L}$$

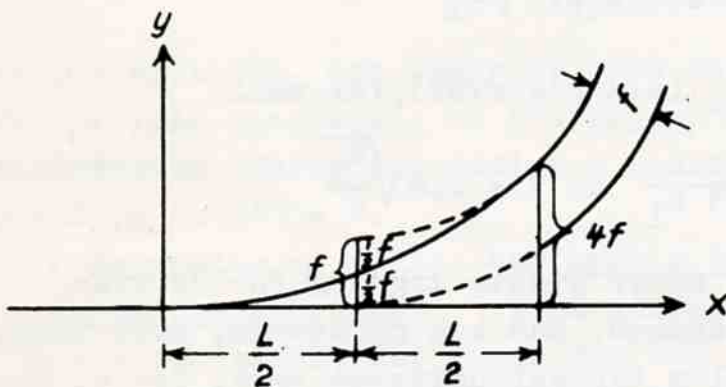


Fig.6: Overgangskurve.

Overgangskurven anbringes symmetrisk omkring det oprindelige tangentpunkt. (Slg. A. Schneider og N.Thorkil Jensen i Landmåling II, side 57). Den oprindelige kurve gives indrykningen  $f$ . Det fastsættes, at indrykningen i det oprindelige tangentpunkt skal være  $\frac{f}{2}$ , altså  $x = \frac{L}{2}$ ,  $y = \frac{f}{2}$ . Heraf fås:

$$\frac{f}{2} = \frac{L^3}{6 \cdot 8 \cdot R \cdot L}$$

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

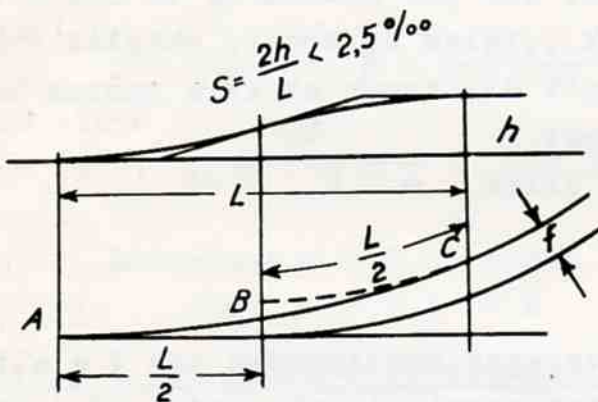


Fig.7: S-formet overhøjderampe.

#### VI. Overgangskurve med s-formet overhøjderampe: 4. grads parabel.

For at undgå stor indrykning eller for at opnå kortere overgangskurve kan overhøjderampen udføres s-formet. Beviset for, at den hertil svarende overgangskurve bliver en 4' grads parabel, skal ikke gives (11), men det skal oplyses, at hele indrykningen er halvt så stor som ved 3' grads-parablen, og at indrykningen i det oprindelige tangentpunkt også er halvt så stor som ved 3' grads-parablen. Går man ud



herfra, kan 4' grads-parablens ligning fås således:

$$y = \frac{x^4}{K}$$

For:  $x = \frac{L}{2}$  er  $y = \frac{L^2}{2 \cdot 2 \cdot 24 \cdot R}$ , man får da:

$$K = 6R \cdot L^2 \text{ og}$$

$$y = \frac{x^4}{6R \cdot L^2}$$

Strækningen A-B af overgangskurven afsættes fra tangenten, medens strækningen B-C afsættes fra den indrykkede hovedkurve, (Fig.7).

Angående afsætning af en overgangskurve mellem to cirkelbuer henvises til A.Schneider og N.Thorkil Jensen: Landmåling II, side 63.

I sporvejsspor i gader anvendes-bl.a. under hensyn til den mindre hastighed = betydeligt mindre radier end i jernbanespor. Man går således sjældent over  $R = 100$  m, medmindre forholdene særlig indbyder dertil, og den mindste radius, der anvendes, er ved Københavns Sporveje 16,5 m, undtagelsesvis 15 m. (Se også: Moderne jernbanestationer side 166). Man tilstræber at lægge sporet med overhøjde i kurverne. Overhøjden må bestemmes under hensyn til udformningen af hele gadeprofilet. Københavns sporveje anvender overgangskurver af længderne 2-14 m. Til en radius på 16,5 m anvendes helst en overgangskurve på 14 m, men det er ikke altid, at pladsforholdene i gaden tillader en så stor indrykning, som svarer hertil. Til større radier anser man kortere overgangskurver for tilstrækkelige. For at lette værkstedsarbejdet deles overgangskurven i et antal cirkelbuer à 2000 mm målt i inderkurven (se fig. 8), og ~~disse~~ radier kan beregnes af formlen  $\rho = \frac{R \cdot L}{x}$  (se side 14). En tegning visende sporarrangementet i kurven og forsynet med alle de for fabrikationen nødvendige mål benævnes et "kurvebånd".





FRITRUMSPROFILER (12) m.v.

+ 29  
↓  
Konstruktionsprofil.

Ved fremstilling af jernbanernes rullende materiel benytter man sig af et konstruktionsprofil, der angiver omkredslinien, d.v.s. de højde- og breddemål, som skal overholdes ved bygningen af køretøjet. På fig. 9 er vist det af D.S.B. benyttede, der er omtrent det samme som det internationale standardprofil, der er gældende på de normalsporede europæiske baner. Sidstnævnte profil er udarbejdet af "Unité Technique" (se side 106). Alle Jernbanevogne, der tilfredsstiller Unité Technique's profil, betegnes som transitvogne og er forsynet enten med et indrammet T, et indrammet RIV (eventuelt EUROP) for godsvogne og RIC for personvogne. Disse vogne kan af profilmæssige grunde uden videre overføres fra den ene bane til den anden, for så vidt banerne er tilsluttet "Unité Technique".

I England anvender man et mindre konstruktionsprofil, og i U.S.A. et betydeligt større, således som det ses på fig. 9. I Sydafrika har man som nævnt på side 7 en sporvidde på 1067 mm. Man kunne derfor vente, at konstruktionsprofilet var mindre end for normalsporede baner. Dette er imidlertid ikke tilfældet, idet profilet har en bredde på 3,05 m; altså endda er bredere end det engelske profil. De forholdsvis brede sydafrikanske vogne medfører imidlertid også, at kørslen på de sydafrikanske baner ved store hastigheder (se side 8) ikke er helt behagelig, idet vognene ryster en del. Konstruktionsprofilet for smalsporede baner er iøvrigt ikke standardiseret i samme grad som for normalsporede, idet de smalsporede banestrekninger, tilhørende forskellige selskaber, som regel ikke støder op til

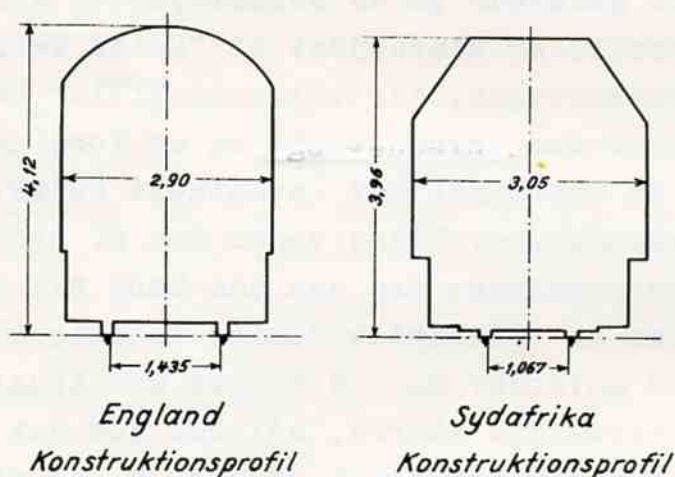
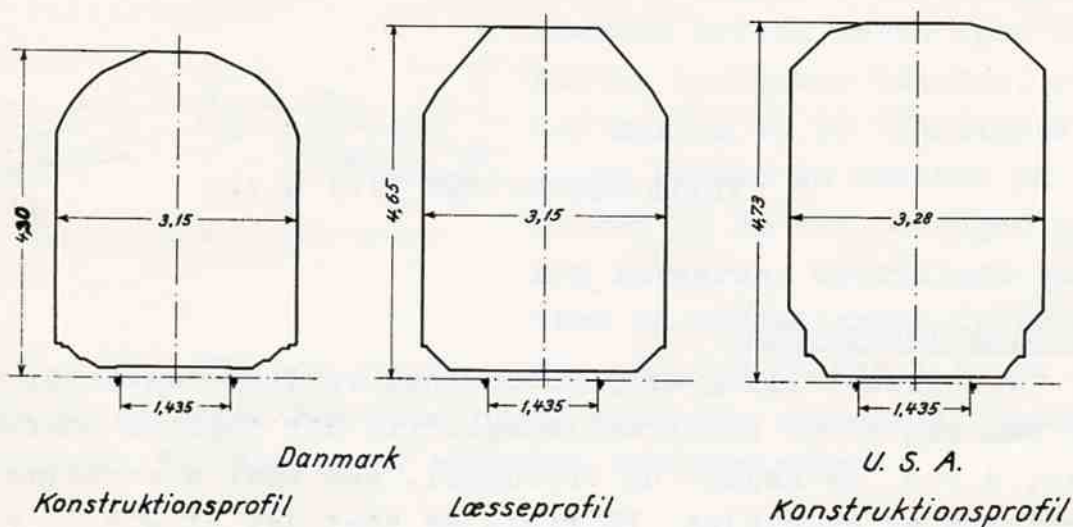


Fig. 9

hinanden, således at vognovergang alligevel ikke er mulig. Der findes således baner med meterspor med betydeligt smallere profil end det sydafrikanske.

Læsseprofil.

Foruden konstruktionsprofilet anvender banerne også et læsseprofil, hvis største bredde er den samme som konstruktionsprofilets,



hvorimod højden er større. Konstruktionsprofillets højde, ved D.S.B. 4,30 m, er fastsat bl.a. under hensyn til, at remiseporte o.lign. ikke tillader større vognhøjde. Fritrumsprofillet på fri bane er imidlertid højere (4,80 m), og der er altså ikke noget i vejen for, at godsvognene kan læsses til større højde, end hvad der angives ved konstruktionsprofillet. Læsseprofillets højde er derfor, som det ses på fig. 9, 4,65 m. Om "Fast ladeprofil" se "Moderne jernbanestationer" side 240.

### Fritrumsprofil.

Det for D.S.B. gældende fritrumsprofil findes i "Grænser for det frie rum over sporene" samt i "Politireglement for Statsbanerne", og det for Privatbanerne gældende, der forøvrigt i det store og hele er det samme, findes i "Ordensreglement for Privatbanerne". Fritrumsprofillet angiver det rum omkring sporet, der skal holdes frit for faste genstande: broer, perroner, telegrafmaster o.lign. Mellem konstruktionsprofillet og fritrumsprofillet skal der være et passende mellemrum.

Fritrumsprofillets bredde- og højdemål er gældende i en plan vinkelret på sporaksen. I spor med overhøjde skal profilet altså hælde i tværretningen ligesom sporet.

Fritrumsprofillets højde er som nævnt 4,8 m fraregnet remiseporte o.lign., hvor højden er lavere.

Bredden er derimod varierende. På fri bane skal der ved ny-anlæg være en afstand på 2,5 m fra spormidte til master o.lign., medens afstanden udfor broer og lignende iøjnefaldende faste genstande kan nedsættes til 2,2 m. På eksisterende baner er en afstand på 2,0 m fra spormidte til faste genstande tilladelig, se fig.10.

På stationer gælder det samme som på fri bane, dog at afstanden til master kun behøver at være 2,2 m.

For nye anlæg skal der ved sidespor være 2,2 m. For såvidt angår eksisterende anlæg er det ved sidespor tilladeligt at gå ned med breddemålet til 1,80 m, undtagelsesvis til 1,75 m eller endda 1,65 m. Sidstnævnte mål er kun 0,075 m større end konstruktionsprofillets halve bredde (1,575 m).

Sporrillens dybde er 38 mm.



På elektrificerede baner kræves større højde end normalt af hensyn til køreledningens anbringelse. På baner elektrificeret med 1500 volt spænding kræves således:

Læsseprofilets højde .....	4,65 m
Afstand fra læsseprofil til køreledning .....	0,35 m
Afstand fra køreledning til bro .....	<u>0,20 m</u>
ialt	<u>5,20 m</u>

Ved ombygning af eksisterende broer i anledning af elektrificering med 15.000 volt spænding kræves:

Læsseprofilets højde .....	4,65 m
Afstand fra læsseprofil til køreledning .....	0,35 m
Afstand fra køreledning til bro .....	<u>0,25 m</u>
ialt	<u>5,25 m x)</u>

Disse tal gælder for broer under 10 m's bredde. Ved bredere broer gives yderligere tillæg.

Angående fritrumsprofilet ved perroner henvises til "Moderne jernbanestationer" side 96, og angående afstanden mellem de enkelte spor henvises til samme bog side 21.

Kurvetillæg.

Alle de hidtil nævnte breddemål gælder på retlinet bane samt i kurver ned til 400 m. I kurver med mindre radius skal breddemålene gives et tillæg, kaldet kurvetillæg, der for små radier kan blive ret betydeligt, således er det for en radius på 100 m ikke mindre end 270 mm, det drejer sig om.

*Spor på fri bane*

*Stationernes sidespor, havnespor, private spor og lignende*

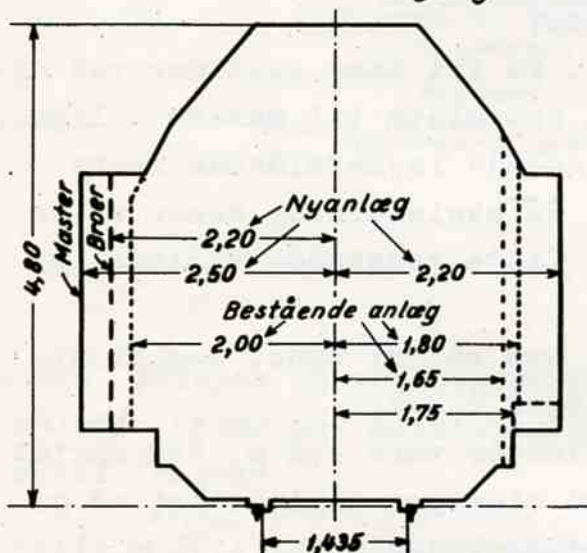


Fig. 10: Fritrumsprofiler.

x) Ved bygning af nye broer på strækninger elektrificeret med 15000 volt bør højden 5,25 m forøges til 5,50 m.



Ved afsætning af bygværker i nærheden af spor med lille radius Er det meget vigtigt at huske på kurvetillægget. Overgangen mellem strækninger med normal profilbredde og udvidet profilbredde udføres, såfremt overgangskurve ikke findes, som vist på fig. 11.

Spillerumslinie.

De ældre jernbanevogne (og lokomotiver) var ret korte og kunne derfor have konstruktionsprofilets fulde bredde i hele vognens længde, uden at dette var til hinder for, at vognene også kørte igennem kurver. Efterhånden som jernbanevognene byggedes længere, blev det nødvendigt at supplere konstruktionsprofilen med visse bestemmelser til begrænsning af den plads,

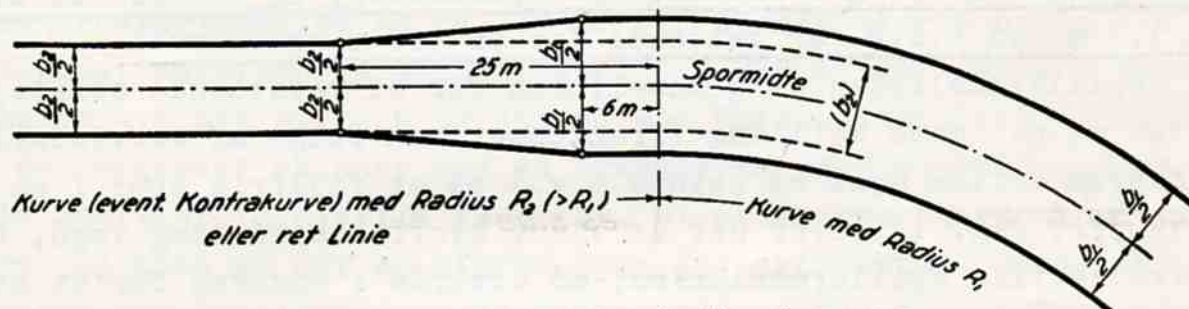


Fig. 11: Fritrumsprofilets bredde ved overgang mellem kurve og ret linie.

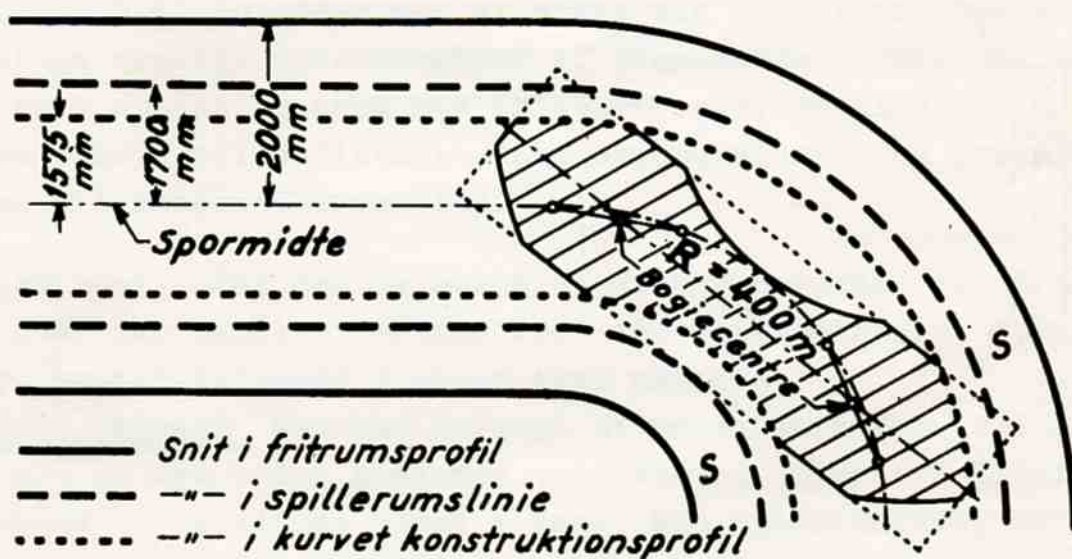


Fig. 12: Spillerumslinie.

køretøjet måtte optage ved kørslen gennem en skarp kurve, hvilke bestemmelser i mange tilfælde medfører en indskrænkning af vognenes normale bredde i vognenes midte og ender.

Den simpleste fremgangsmåde ville være, at man krummede konstruktionsprofilen med sporkurven og skar af vognene i enderne og på midten, hvad der kom til at ligge udenfor det "krumme" konstruktionsprofil. Vognene ville således få en form som det skraverede areal på fig. 12 (der viser forholdene meget overdrevet), medmindre man vil foretrække at formindske hele vognens bredde. En nærmere undersøgelse viste imidlertid, at det under hensyn til det gældende fritrumsprofil ikke var nødvendigt at indskrænke vognbredden i enderne og på midten fuldt så meget. Man indførte derfor en ny begrænsningslinie, spillerumslinien, beliggende imellem konstruktionsprofilen og fritrumsprofilen i 1,7 m's afstand fra spormidten, og således at afstanden 1,7 m ved D.S.B. er gældende for en 400 m sporkurve.

**NB** Spillerumslinien er grænselinien for et retstående køretøj i dets ugunstigste stilling (fremkommet som følge af kurveudsving, spillerum mellem hjul og skinne m.v.) på et fejlrit spor i en 400 m kurve jfr. fig. 12, hvor det er vist, hvorledes en lang vogn, for at tilfredsstille spillerumslinien, må afskrås i enderne for at holde sig indenfor denne. Udenfor spillerumslinien skal der være et vist sikkerhedsinterval "S", inden man når fritrumsprofilen. Dette sikkerhedsinterval skal dække de såkaldte "driftsuregelmæssigheder", d.v.s. bl.a. unøjagtig beliggenhed af spormidten.



## SKINNER.

Jernbaneskinner fremstilles af stål, der som regel har noget større brudstyrke og brudforlængelse end sædvanligt bygningsstål, hvilket som bekendt ofte har en brudstyrke på 3700 kg/cm<sup>2</sup> og en brudforlængelse på 20 %. I Europa anvendes som regel til jernbaner stål med en trækstyrke på 7000-8500 kg/cm<sup>2</sup> og en brudforlængelse på ca. 12 %. Den større styrke opnås ved et forøget kulstof- og manganindhold. I U.S.A. går man som regel endnu højere med styrken og derved med kulstofindholdet, idet man der anvender skinner med en brudstyrke på 8500-9500 kg/cm<sup>2</sup>. Dette medfører imidlertid fare for, at skinnerne bliver mere skøre, således at der er større fare for skinnebrud. Denne fare mener man imidlertid nu at kunne imødegå ved at foretage afkølingen under kontrol, og disse såkaldte "naturhårde" skinner anvendes nu også en del i Europa. D.S.B. har fået prøveleveringer såvel fra England som Tyskland med en mindste brudstyrke på 9000 kg/cm<sup>2</sup>. I U.S.A. forsøger man at sikre sig mod skinnebrud ved at foretage stadige undersøgelser af begyndende revnedannelser ved at køre sporet igennem med en sperryvogn, se side 98.

Med hensyn til stålqualiteten, skinnevalsning og prøvning henvises til Materiallæren (13).

Specialskinner. Foruden de normale skinner anvendes der i tilfælde, hvor der stilles særlige krav til slidfastheden, specialskinner, hvoraf følgende 3 slags skal nævnes:

1) Hårdede skinner. Man har forsøgt at hærde skinnerne ved at blæse luft på det endnu glødende skinnehoved eller ved ligefrem at nedsænke det glødende hoved i vand. Man opnår herved, at hovedet hærdes, således at slidfastheden skulle blive større. I



Frankrig har man imidlertid haft dårlige erfaringer med denne hærkning, der påbegyndtes i 30'erne, idet man har måttet udtage et meget stort antal vandhærdede skinner, der kun havde ligget knapt 10 år i sporet, idet skinnerne udviste store afskalninger. I Belgien har man haft bedre resultater. Hærkningen udførtes også her på en anden måde, idet skinnerne gennemopvarmedes inden hærkningen, men hærkningsprocessen bliver herved mere kostbar. Man anvender også en hærkning, der kun omfatter skinneenden, idet det største slid (udplætning og slid i laskekamrene) netop forekommer ved skinnens ende.

2) Skinner af legeret stål (14). Man har også forsøgt at forøge skinnens slidfasthed ved anvendelse af legeret stål, ved tilsætning af små mængder mangan, krom og molybdæn til stålet. Sådanne skinner har vist sig meget slidfaste, men de er også meget dyrere end almindelige skinner, og legeret stål har derfor ikke fundet anvendelse i større udstrækning. Det er særligt anvendt til fremstilling af spor-skifter og sporkrydsninger.

3) Dobbeltstålskinner, der fremstilles af 2 slags stål, en blødere og sejjere kvalitet i krop og fod, og en hårdere og mere slidfast stålart af legeret stål, som ovenfor nævnt, i hovedet. Sådanne skinner,

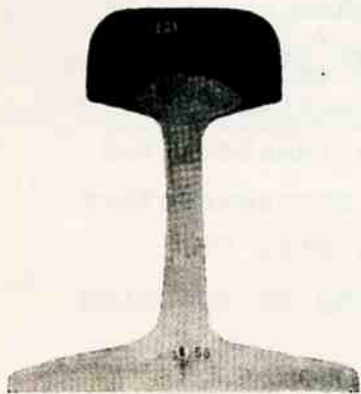


Fig. 13: 45 kg Dobbeltstaalskinne.

der er en del billigere end skinner, der fuldt ud er fremstillet af legeret stål, anvendes i kurver på stærkt trafikerede strækninger, f.eks. på de københavnske s-baner, og også til fremstilling af skinnekrydsninger. I de i årene 1935-37 leverede dobbeltstålskinne, hvor der anvendtes en Crom-Molybdænlegering, synes der at være tilbøjelighed til et forholdsvis større antal skinnebrud i dobbeltstålskinne end i skinner af almindeligt stål. Nu

anvendes kun cromstål, og afkølingen foretages i særlige gruber under kontrol. D.S.B. køber nu igen dobbeltstålskinne.

Vignolskinner. Det til et jernbanespor mest anvendte skinneprofil består af hoved, krop og en forholdsvis bred fod. Der findes overordentlig mange variationer af profilet. Fig. 14 viser de af D.S.B.



gennem årene benyttede profiler, hvoraf 17, 22 og 32 kg/m ikke anskaffes mere. Man tilstræber en materialefordeling således, at der kommer nogenlunde lige meget materiale i hoved og fod, omtrent som i et I-jern. Ved skinnerne af vægt 17-45 kg/m er der dog lidt mere materiale i hovedet end i foden under hensyn til, at man derved får mere at slide på. Hovedets køreflade er formet som en flad cirkelbue. Kørekanterne er afrundet med radier på 16 mm og 14 mm (60 kg/m), og hovedets sider er gjort hældende 1:20 (se side 6). Laskekamrenes anlægsflader hælder 1:3 eller 1:4, således at tilspænding er mulig, efterhånden som laskerne slides. Kroppen er formet efter cirkelbuer, og der er afrunding mellem hoved og krop og fod og krop, således at skarpe kanter, der er farlige som udgangspunkt for revnedannelser, ikke forekommer. Det ses, at oversiden af foden i 60 kg skinner har et knæk, således at den yderste strækning er omtrent

$$\text{guldmetall} = \frac{\text{Modstands moment } W(\text{cm}^3)}{\text{Vægt kg/m.}}$$

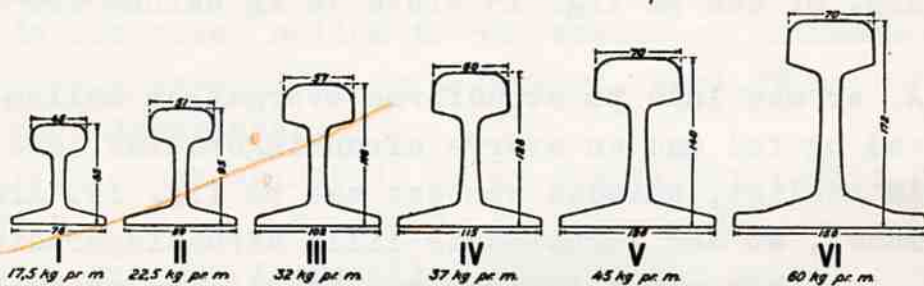


Fig. 14: Statsbanerne's Staalskinner gennem A-årene. I, II og III anskaffes ikke mere. Det tilladte Akseltryk er forøget fra 11 t paa Type II til 20 t paa V og VI.

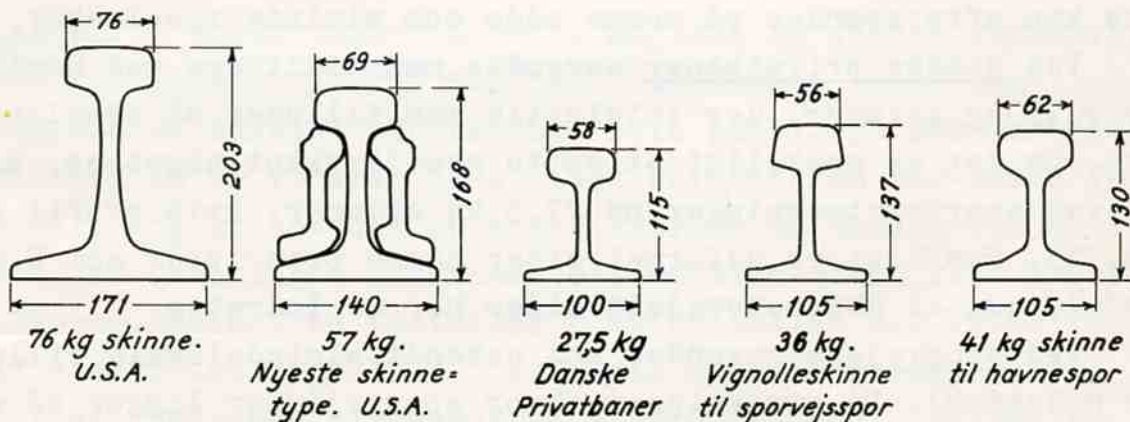


Fig. 15



vandret. Dette er gjort, dels for at foden ikke skulle blive for tynd i kanten, dels fordi svelleskruerne får bedre fat, når skinnefoden ikke er for skrå.

Med hensyn til 60 kg skinnen (15) bemærkes, at den i og for sig er overdimensioneret i forhold til de 20 tons akseltryk, der er det størst tilladte ved D.S.B. Årsagen hertil er, at vedligeholdelsesudgifterne til sporet på grund af skinnens større stivhed bliver en hel del mindre og levetiden større end ved et 45 kg spor, hvor skinnevægten nogenlunde svarer til 20 tons akseltryk. Hovedets bredde på 60 kg skinnen er den samme som på 45 kg skinnen, hvorved opnås en simplificering ved konstruktionen af overgangsstød mellem de 2 profiler; hovedhøjden er derimod gjort lidt større for 60 kg skinnen end for 45 kg skinnen, alt ialt er materialets fordeling imidlertid således, at der ved 60 kg skinnen i modsætning til f.eks. 45 kg skinnen er noget mere materiale i fod end i hoved.

I U.S.A., hvor man er gået helt op til 35 tons akseltryk, har man også betydeligt sværere skinner end i Europa. Den sværeste skinne, der findes, er den på fig. 15 viste 76 kg skinne fra Pennsylvania Railroad.

I U.S.A. er man inde på at udforme overgangen mellem krop og henholdsvis hoved og fod med en større afrundingsradius, end det ellers har været almindeligt, således som det ses på fig. 15. Årsagen hertil er, at man mener, at den forholdsvis lille afrundingsradius, der tidligere anvendtes, har været årsagen til adskillige skinnebrud, hvilket man håber at undgå ved den nye type. Der anvendes et laskeprofil, som vist på tegningen. Typen har imidlertid den ulempe, at laskerne ikke kan efterspændes på samme måde som almindelige lasker.

Ved danske privatbaner anvendte man tidligere ved næsten alle baner 22,5 kg skinner, der imidlertid kun tillader et akseltryk på 10 tons. Da det er ønskeligt at sætte akseltrykket noget op, anvender man ved sporforstærkninger nu 27,5 kg skinner, hvis profil ses på fig. 15. Profilet er udformet efter samme principper som D.S.B.'s profil, dog at skinnehovedets sider her er lodrette.

Ved sporvejene anvendes som bekendt almindeligvis rilleskinner (se nedenfor). På strækninger, hvor sporvejsspor ligger på eget areal, anvendes dog vignettskinner. Københavns sporveje har anvendt den på fig. 15 viste 36 kg skinne, der afviger noget fra D.S.B.'s skinner.



Hovedets afrunding foroven har således kun 10 mm radius svarende til afrundingen i sporvognenes hjulflanger. Hovedets sider har en hældning af 1:6, og endvidere er foden forholdsvis smal, således at stabilitetstallet (se nedenfor) bliver lille, nemlig kun 0,73. Med den stadigt stigende vognstørrelse og kørselshastighed er denne skinnetype blevet for svag, og den vil næppe mere finde anvendelse ved Københavns sporveje.

Havnespor er særligt udsat for rustdannelser, der især tærer kroppen og foden. I almindelighed anvendes til havnespor såkaldte brugelige ældre skinner, der tidligere har været anvendt i almindelige jernbanespor. Af hensyn til rustdannelser er imidlertid en skinne med en svær krop og en tyk fod at foretrække, som f.eks. den på fig. 15 viste 41 kg skinne, der fremstilles i Belgien (16). Skinner af denne type har også været anvendt i tunneller, hvor skinnerne som følge af lokomotivrøgen er særligt udsatte for korrosion.

Stabilitetstal. Man taler om en skinnes stabilitetstal, hvorved forstås forholdet mellem fodens bredde og skinnens højde. Et stort stabilitetstal er fordelagtigt, særligt hvor der ikke anvendes underlagsplader.

For en dansk skinne 45 kg er stabilitetstallet 0,900
og " " " " 60 " " " " 0,907

I U.S.A. har man fremstillet skinner med stabilitetstal helt op til 1,00, og den nedenfor omtalte sporvognsrilleskinne har også et stabilitetstal på 1,00.

Stolskinner. I nogle lande, navnlig England og delvis Frankrig, anvendtes tidligere i stedet for den i de fleste lande benyttede vignoleskinne en såkaldt stolskinne, hvis profil på det nærmeste er symmetrisk om en vandret akse, idet skinnefoden har samme form som hovedet, dog at hovedet er noget sværere af hensyn til slidet. Skinnerne anbringes i skinnestole af støbejern, fastskruet til svellerne. Skinnerne fastkiles i skinnestolen med kiler, som regel af egetræ (se fig. 16). I Frankrig anvendtes ofte kiler formet af et fjedrende sammenbukkede stykke fladstål. Stolskinnerne blev oprindeligt fremstillet helt symmetrisk, idet det var



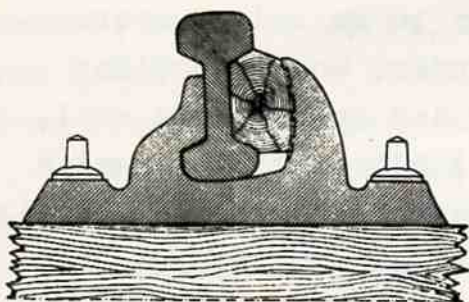


Fig. 16: Stolskinne med Befæstelse.

tanken, at disse efter at være slidt, skulle vendes og slides på foden. Dette viste sig dog ikke praktisk, idet det slidte hoved ikke passede i stolene, og de af skinnestolene slidte fordybninger i foden gav en dårlig køreflade.

Stolskinnesporet giver på grund af trækilens elasticitet en blød kørsel. Den egner sig derimod ikke til lande, hvor klimaet afvekslende er fugtigt og tørt, idet kilerne ved tørke vil gå løse og falde ud.

I Frankrig er stolskinnerne nu udskiftet på de fleste hovedstrækninger, men findes stadigvæk på sidebaner. I England har stolskinnen været anvendt lige til de sidste år, men man er nu også der ved sporombygninger gået over til at anvende vignoleskinner.

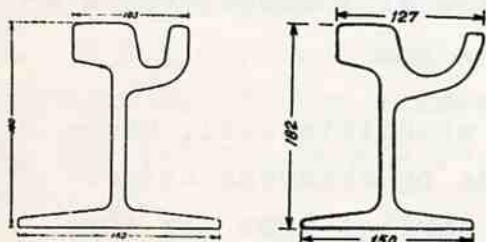


Fig. 17a.

Fig. 17b.

Rilleskinner til sporvognsspor og havnespor.

Rilleskinner. Rilleskinner anvendes til spor i gader og veje, idet man derved får en knapt så ubehagelig dyb sporrille, som ved anvendelse af kontraskinner, se side 63. Ved den indvendige side af skinnehovedet er i profilet udformet en "flig", der sammen med hovedet danner den nødvendige sporrille. Profilet er så højt, at det kan give plads til almindelig brolægning.

På fig. 17 a ses en rilleskinne til sporvognsspor og på fig. 17 b en rilleskinne til havnespor. Det ses, at der er en betydelig forskel i sporrillens bredde som følge af jernbanevognenes sværere

hjulflanger. Fligen ligger i begge tilfælde nogle mm lavere end i skinnehovedet, således at skinnehovedet kan nedslides det samme antal mm, inden tvangsskinnen begynder at rage op.



Fig. 18a: Kranbaneskinne.



Fig. 18b: Færgeskinne.

Til inderskinner i sporkurver bruger sporvejene en såkaldt A-skinne, der



har samme profil som almindelige rilleskinner, men med en lidt bredere rille og sværere "flig", idet denne er beregnet til at optage det tryk fra vognens hjul, som fremkaldes af centrifugalkraften ved kørslen gennem sporkurven.

Kranbaneskiner. er et særligt lavt skinneprofil, som anvendes til spor for løbekraner i værkstedsbygninger (se fig. 18 a.) Kranbaneskiner anvendes også til spor på jernbanefærger og benævnes da færgeskiner. Disse lægges i U-jernskanaler i færgens dæk, og de fæstes til U-jernene med svejsesømme (se fig. 18b).

177

37

### SKINNELÆNGDEN.

Jernbaneskiner leveres her i landet af hensyn til skibstransporten kun i længder på indtil 15 m. Med normalskiner betegnes skinner af de længder, der normalt anvendes på banen. Inden skinnesvejsningen indførtes, anvendtes her i landet længder på ca. 10-15 m. I U.S.A. anvendes kortere skinner, idet man der har holdt sig til den skinnelængde, der kan ligge på en jernbanevogn, hvorved længden kun blev ca. 12 m.

Tidligere lagdes jernbanespor med "fuldt" spillerum mellem de enkelte skinner, svarende til, at spillerummet var helt åbent ved den lavest forekommende temperatur, således at sporet altså "åndede" i fuldt omfang og således, at der ikke opstod temperaturspændinger i dette. Højeste skinnetemperatur regnes her i landet til  $+ 55^{\circ}$  og laveste til  $- 25^{\circ}$ .

Da ståls varmeudvidelseskoefficient er 0,000011, bliver længdeudvidelsen for en 15 m skinne ved en temperaturstigning på  $80^{\circ}$ :  
 $15000 \cdot 0,000011 \cdot 80 = 12 \frac{1}{2}$  mm.

Et sådant temperaturspillerum er også nogenlunde maksimum for, hvad man kan tillade, hvis ikke skinneenderne skal blive udplattede ved togets kørsel over sporet. Ved sporets lægning må man sørge for altid at få de til den øjeblikkelige skinnetemperatur svarende temperaturspillerum. Disse er i forvejen med passende intervaller udregnede for de forskellige forekommende temperaturer og opført i en lægningstabel. Ved sporets lægning aflæses med passende mellemrum skinnetemperaturen på et skinnetermometer, som vist på fig. 19, og i tabellen findes størrelsen af det tilsvarende spillerum.

Ved de ældre, svage sporoverbygninger vil de trykspændinger, der opstår i skinnerne, såfremt temperaturspillerummene fejlagtigt er blevet mindre end tilsigtet, kunne medføre fare for, at sporet



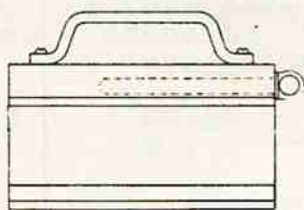


Fig. 19: Skindetermometer.

løftes eller bøjer sig ud til siden. Dette kaldes hedeslag eller solkurve. Stor fare for dannelse af solkurve forekommer, når svellerne i sporet ligger blottet for ballast over et længere stykke, hvorved modstanden mod svelleforskydning er stærkt formindsket. Sporarbejder, der medfører fjernelse af ballasten, må derfor ikke udføres i stærk varme, i hvert fald skal kørehastigheden nedsættes f.eks. til 45 km/t.

Ved lave temperaturer kan der opstå trækspændinger i sporet, hvilket kan medføre, at laskeboltene ødelægges, eller at der forekommer skinnebrud.

Langskinnespor. (17). Med de nye svære overbygningstyper har det vist sig, at der ikke er nogen ulempe ved, at der opstår endog ret betydelige trykspændinger i skinnerne, og man er derfor gået over til at sammensveje skinnerne til større længder. Et langskinnespor er et spor, hvor afstanden mellem stødene er så stor, at temperaturspillerummene ikke kan tage hele varmebevægelsen.

I omstående tabel er der for et spor med 30 m lange 45 kg skinner gjort rede for, hvorledes skinnens forlængelse og spændingen i skinnen vil forøges, efterhånden som temperaturen stiger. Sporet forudsættes lagt med 6 mm spillerum ved 13° C.

De i tabellen angivne temperaturstigninger og forlængelser beregnes således:

Spændingstilvæksten i en skinne med længde  $l$  (een) for  $t^{\circ}$  opvarmning:

$$\text{Varmeforlængelsen: } \Delta_t = l \cdot \alpha \cdot t.$$

$$\text{Efter Hooke's lov er spændingen } \sigma = E \cdot \Delta_{\sigma},$$

$$\text{hvoraf } \Delta_{\sigma} = \frac{\sigma}{E}$$

$$\text{Sættes } \Delta_t = \Delta_{\sigma} \text{ fås:}$$

$$\sigma = E \cdot \alpha \cdot t = 2,200\ 000 \cdot 0,000011 \cdot t = 24 \cdot t. \text{ kg/cm}^2$$

	Temperaturstigning	Temperatur	Skinnens forlængelse mm	Spændings-tilvækst i skinnens midte kg/cm <sup>2</sup>	Resulterende spænding kg/cm <sup>2</sup>
Temperatur ved lægning	+ 7°	13°	0	7·24=168	0
Laskefriktionen: R overvundet	+ 11°	20°	1,8	11·24=264	168
Svellefriktionen: r overvundet	+ 13°	31°	4,2	0	432
Spillerummets lukning	+ 11°	44°	0	11·24=264	432
Temperaturstigning til 55°		55°			696
			6,0		
30 m 45 kg skinner lagt med 6 mm spillerum ved 13°C.					

Det første, der sker, når temperaturen stiger, er, at laskefriktionen R overvindes. Den herfor nødvendige temperaturstigning andrager:

$$t_1 = \frac{R}{24F} = \frac{10000}{24 \cdot 57} = 7^\circ,$$

idet laskefriktionen kan sættes til 10.000 kg og tværsnitsarealet for en 45 kg skinne er 57 cm<sup>2</sup>.

Derefter begynder svellefriktionen at overvindes, idet skinnen begynder at ånde, til at begynde med dog kun stykket fra stødet til 1' svelle. Svellefriktionen r andrager ca. 10 kg pr. cm af skinnens længde. Den yderligere temperaturstigning, der sker, fra laskefriktionen er overvundet, og til hele skinnens længde l deltager i åndingen, bestemmes ved:

$$t_2 = \frac{0,5 \cdot l \cdot r}{24 F} = \frac{1500 \cdot 10}{24 \cdot 57} = 11^\circ$$



I denne periode er der sket en forlængelse af skinnen, der er gledet på svellerne, men forlængelsen bliver dog kun halvt så stor, som hvis skinnen havde kunnet udvide sig frit, altså:

$$\Delta l = \frac{11 \cdot 0,000011 \cdot 30000}{2} = 1,8 \text{ mm}$$

Der mangler herefter  $6,0 - 1,8 = 4,2$  mm i, at spillerummet fuldstændigt er lukket. Til at opnå denne yderligere forlængelse af skinnen, må temperaturen stige yderligere

$$\frac{4,2}{0,000011 \cdot 30000} = 13^{\circ}$$

De spændinger, der fremkommer i skinnemidten, efterhånden som temperaturen stiger, fremgår af sidste kolonne i tabellen.

Den samlede spænding i sporet (begge skinner) bliver ved  $55^{\circ}$  C:

$$696 \cdot 2 \cdot 57 = 80 \text{ tons.}$$

Forsøg foretaget i Tyskland har vist, at spor af lignende type som den danske 45 kg overbygning, først giver udslag ved tryk på 200 à 250 tons, således at der ved det i tabellen gennemregnede eksempel altså er hen ved 3 gange sikkerhed mod udslag.

I forbindelse med indførelsen af 60 kg skinner og af jernbetonsveller, der er betydeligt tungere end træsveller (se side 44), er man gået endnu højere op med skinnelængden, nemlig til ca. 800 m. Et sådant spor skal helst lægges ved den nøjagtige middeltemperatur, som forekommer i landet. Man kan naturligvis være nødsaget til at foretage sporelægning ved andre temperaturer, men første gang middeltemperaturen forekommer, foretages der en løsning af alle svelleskruer med påfølgende tilspænding, således at man opnår at få spændingen nul i sporet ved middeltemperaturen, der her i landet kan sættes til  $15^{\circ}$  C.

For en 800 m lang skinne ville temperaturudvidelsen ved  $40^{\circ}$ 's opvarmning blive:

$$800,000 \cdot 0,000011 \cdot 40 = 350 \text{ mm.}$$

På grund af svellefriktionen bliver udvidelsen imidlertid betydeligt mindre.

Såfremt svelfriktionen for 60 kg skinner regnes til 15 kg/cm, beregnes længden af det stykke skinne, der ved hvert stød deltager i åndingen, til:

$$\frac{40 \cdot 24 \cdot 76}{15} = 50 \text{ m, idet}$$

60 kgskinnen har et tværsnitareal på 76 cm<sup>2</sup>.

Den samlede forlængelse af begge skinneender  $\Delta l$  fås således:

$$\Delta l = \frac{40 \cdot 0,000011 \cdot 2 \cdot 50.000}{2} = \text{ca. } 24 \text{ mm}$$

Ved den side 43 omtalte franske jernbetonsvelle anvendes et skinneudtræk (se side 58) med bevægelsesmulighed 180 mm. Ved den tyske svelletype er muligheden for glidning på svellerne så stor, at man ikke bør anvende skinneudtræk, idet dette ikke kan udføres tilfredsstillende, når det skal svare til fuld varmeudvidelse. Ved den tyske svelle laver man derfor fast forankring i begge ender, f.eks. ved at lade <sup>den</sup> sammensvejsede sporstreng gå fra station til station.

Spændingen i skinnen bliver  $40 \cdot 24 = 960 \text{ kg/cm}^2$ , og det samlede tryk i sporet (begge skinner) bliver:

$$2 \cdot 76 \cdot 960 = 150 \text{ tons.}$$

Ved de hidtidige beregninger har der været forudsat ret spor. Stort tryk i sporet er imidlertid farligere i kurver end på lige bane (18).

I et under tryk stående kurvespor fremkommer udadrettede sidekræfter, som vist på fig.20. Ved projektion på en lodret plan får man:

$$Q = 2P \cdot \operatorname{tg} \frac{\alpha}{2} = 2P \cdot \frac{b}{2 \cdot R} = \frac{Pb}{R}$$

Endvidere ses, at  $b = \frac{Q}{q}$  og altså  $q = \frac{P}{R}$

I en kurve med radius 200 m bliver det udadvirkende tryk:

$$q = \frac{150000}{200} = 750 \text{ kg/m}$$

Da praktiske forsøg i tyskland har vist, at sideforskydningsmodstanden for et spor med træsveller i skærveballast er 600 til

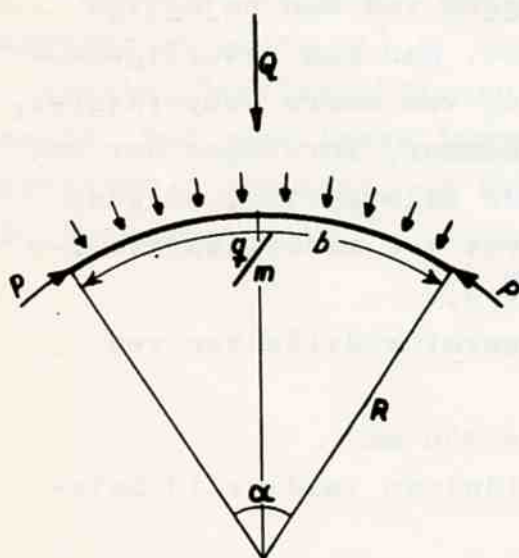


Fig.20: Sidekræfter i kurve.



til 800 kg/m, er der i dette tilfælde stor fare for uanøjning. Øges radius imidlertid til 1000 m, får man:  $q = 150$  kg/m og en sikkerhed på ca. 5. De tyske baner har derfor også fastsat, at gennemsejsede spor ikke må anvendes i kurver med mindre radius end 1000 m.

Betingelserne for anvendelse af langskinnespor er følgende:

- 1) Svære skinner.
- 2) Mange og tunge sveller.
- 3) God og fast forbindelse mellem skinne og svelle.
- 4) God skærveballast.
- 5) At skinnevandring (se side 53) hindres, idet dette er en forudsætning for, at de ovennævnte spændings-beregninger er rigtige.

Kurveskinner. Da den indvendige skinnestreng i kurver er kortere end den udvendige, må man, for at få stødene i de to skinnestrengene til at ligge nogenlunde lige overfor hinanden, af og til indlægge kortere skinner, de såkaldte kurveskinner, i den indvendige skinnestreng. Kurveskinner indlægges da således, at skinnestødene i de to strengene højst forrykkes halvdelen af længdeforskellen mellem normalskinnen og kurveskinnen for hinanden. Af hensyn til de forskellige kurveradier har man i reglen forskellige længder af kurveskinner. Således bruger D.S.B. f.eks. til 30.000 m normalskinner følgende kurveskinner: 29,950, 29,890 og 29,840 m. For at gøre kurveskinner let kendelige fra normalskinner er de i reglen forsynet med 10 mm mærkehuller (eet, to eller tre efter længden) boret gennem skinnekroppen i den ene ende indenfor laskeboltehullerne.

Kurveskinner lægges symmetrisk om kurvens midtpunkt og således, at der i samme kurve imellem hver to kurveskinner så vidt muligt lægges et lige stort antal normalskinner.

Det stykke  $d$ , som den udvendige skinnestreng er længere end den indvendige, kan med tilstrækkelig tilnærmelse beregnes således (se fig. 21):

$$\operatorname{tg} \alpha = \frac{d}{s} = \frac{L}{R}, \text{ hvoraf fås:}$$

$$d = 1500 \cdot \frac{L}{R},$$

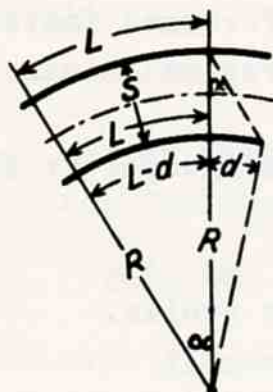


Fig. 21: Underskinnes for-  
kortelse i kurve.

idet afstanden mellem skinnemidter-  
ne s sættes til 1500 mm.

Indpassere. En indpasser er  
en skinne af unormal længde, som  
anvendes ved sammenbygning af spor  
og sporskifter på stationer og på  
fri bane, hvor sporlægningsarbejder  
fra to sider mødes. Af hensyn til  
den rolige kørsel fastsættes i reg-  
len et mindstemål for indpasserens

længde. Ved D.S.B. f.eks. 10 m på fri bane og 5 m på stationer. Nu  
gøres indpassere ofte længere end normalskinnelængden, idet indpas-  
seren da fremstilles ved at svejse et kortere stykke til en normal-  
skinne.



SVELLER.

+62  
Jernbanerne anvender nu så godt som udelukkende tværsveller. Som materiale benyttes træ, jern og jernbeton.

Træsveller. I Danmark benyttes siden 1929 væsentligt bøgesveller, medens man tidligere anvendte fyrresveller. Årsagen hertil er, at de danske skove på dette tidspunkt fremsatte ønske om at levere bøgesveller i større udstrækning. I Frankrig og Belgien anvendes mange egesveller; i troperne kan træsveller ikke anvendes, da de hurtigt ødelægges bl.a. ved termitangreb. Der findes dog visse særlig modstandsdygtige træsorter, f.eks. Quebracho, som termitterne ikke ødelægger. Sveller af denne træsort er imidlertid dyre og vanskelige at bore i, da træet er meget hårdt, men til gengæld behøver det ikke at imprægneres, og man regner med en levealder på op til 70 år.

Bøge- og fyrresveller må imprægneres inden anvendelsen (19), da middellevetiden ellers, som det fremgår af følgende tabel, bliver alt for kort.

	Fyr	Bøg
uimprægneret .....	6-8 år	2,5-3 år
imprægneret .....	25 "	35 "

Uanset imprægneringen er det dog på grund af råd, at svel-  
lerne til slut må kasseres. Det mekaniske slid, der fremkommer  
som følge af, at svelleskruer eller spiger ikke længere kan hol-  
de i træet, og skinnen og underlagspladen arbejder sig ned i  
svellen, er ved moderne overbygningsformer ikke det afgørende.

Angående imprægnering og trækvalitet henvises til Ole Glar-  
bo's "Træ".

Træsvelles til normal sporvidde har en længde på 2,5-2,7 m og en bredde på 25-26 cm. D.S.B. anvender 2 tykkelser på sveller, 16 cm tykke sveller, der anvendes på hovedbaner, og 12 1/2 cm tykke sveller, der anvendes på sidebaner.

Enkelte baner lægger svellerne med kærnesiden opad, men de fleste baner lægger kærnesiden nedad. Lægges kærnesiden opad, kommer befæstelsesmidlerne til at sidde i det faste træ. Lægger man kærnesiden nedad, får svellerne et bedre leje, idet der ikke findes vankanter på kærnesiden. D.S.B. lægger nye sveller med kærnesiden nedad.

Bøgesveller har mange fordele frem for fyrresveller. Den langt hårdere trækvalitet gør, at skinnerne kan lægges direkte på svellerne uden underlagsplader. Endvidere holder skrueerne langt bedre i det hårde træ, således at skinnerne kan spændes fastere til svellerne. Den betydeligt tungere bøgesvelle (en 26 cm bøgesvelle vejer således ca. 95 kg og en fyrresvelle ca. 65 kg, begge imprægnerede) giver større vægt, og dermed større stabilitet i sporet.

Bøgesveller har imidlertid også mangler. Under normale forhold er de dyrere i anskaffelse end fyrresveller, og imprægneringen koster det dobbelte af fyrresvellerne. Endvidere har de tilbøjelighed til at kaste sig samt til at revne. Kastningen viser sig navnlig uheldig i sporet, når den sker ved, at svellen krummer sig med enderne opad. Denne krumning foregår med så stor kraft, at svellen kan vride de to skinner ind mod hinanden, således at sporvidden bliver for lille. Eksempelvis kan nævnes, at man nogen tid efter at have udført sporforstærkningen på strækningen Orehoved-Gedser konstaterede, at enkelte sveller havde krummet sig. Ved at eftermåle sporvidden viste det sig, at denne på sine steder var op til 6 mm for snæver, medens den ved de to nabosveller var normal (20). Alle sveller, som har tendens til krumning, bliver derfor nu sorteret fra før imprægneringen.

Revner virker ødelæggende på svellerne dels ved, såfremt de går gennem skruehullerne, at hindre skinnernes fastspænding, dels ved at give adgang for fugtighed og svampespor til træets indre, hvorved svellens levetid forkortes.

Man har forsøgt at modvirke revnedannelsen ved islagning af



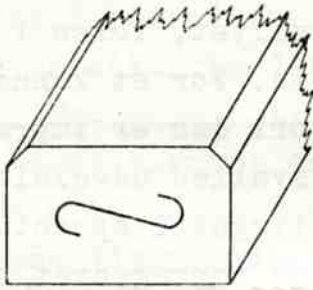


Fig. 22a: S-klemme.

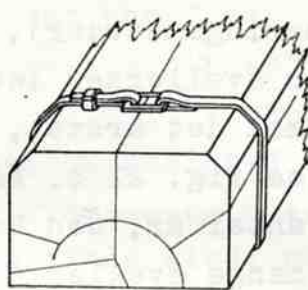


Fig. 22b: Svellerbandage



Fig. 22c: Mærkesøm.

s-klemmer, som vist på fig. 22 a. Nærmere undersøgelser har imidlertid vist, at der findes betydeligt flere revnede sveller blandt de med klemmer forsynede, end i de uden klemmer, idet klemmerne ligefrem forårsager revnedannelse. D.S.B. anvender derfor ikke mere s-klemmer. Sveller, der inden indlægningen har en revne i enden, forsynes med en bandage af båndjern, som vist på fig. 22b, idet svellen først spændes sammen med et klemmeapparat, hvorefter

bandagen anbringes med et særlig værktøj. Lignende bandager kan også anbringes på sveller, som er revnet efter indlægningen i sporet. Anbringelsen kan ske, uden at det er nødvendigt at udtage svellen af sporet.

Sporskiftetømmer er betegnelse for de sveller, som anvendes under sporskifterne, hvor disses bredde er så stor, at sveller af normal længde ikke kan anvendes. Sporskiftetømmer har samme tværdimensioner som de almindelige sveller og findes i længder med passende spring. Ved D.S.B. f.eks. anvendes sporskiftetømmer i længder fra 2,75 m til 7,50 m med 0,25 m spring. De store længder anvendes ved diamantkrydsninger (Se "Moderne jernbanestationer" side 13). og andre sammensatte sporkonstruktioner. Til sporskiftetømmer anvendes i Danmark fyr. Bøg kan ikke anvendes i større længder end ca. 3 m, da det som nævnt har tilbøjelighed til at kaste sig og er vanskeligt at imprægnere i større længder.

Svellestatistik. For at kunne sammenligne de forskellige svellearters (træsarter, imprægneringsmetoder), kvalitet, føres i reglen en nøje statistik over svellelernes levetid. For at kunne dette er hver svelle mærket med det årstal, hvori den er imprægneret (f.eks. med mærkesøm), se fig. 22 c. Når svellen udveksles som kasseret, opnoteres det antal år, den har ligget i sporet. Da man på forhånd ved, hvor mange svelle der er imprægneret af den pågældende årgang, kan man, når hele årgangen er udvekslet, udregne årgangens middellevetid. Når en årgang svelle er blevet så gammel, at de første svelle af denne må udveksles, da vil det årligt udvekslede antal af årgangen stige jævnt til et maksimum, for derefter de følgende år atter at falde jævnt, til den sidste svelle er udvekslet, hvilket normalt vil finde sted lige så mange år efter maksimum, som den først udvekslede kom før maksimum. Så snart man derfor har passeret "udvekslingskurven"s maksimum, vil man derfor uden at behøve at afvente den sidste svelles afgang kunne bestemme årgangenes middellevetid.

Jernsveller - eller rettere stålsvelle - anvendes i stor udstrækning til jernbanespor, navnlig 1) i lande med stor jernindustri eller 2) i tropiske egne, hvor træsveller er stærkt udsat for ødelæggelse ved insektangreb. Jernsveller fremstilles ved valsning af almindeligt blødt stål. Den mest anvendte form er som et omvendt trug, se fig. 23. Efter at en sådan svelle er valset og afskåret i længde, kommer den i endnu glødende tilstand i en presse, hvor enderne bøjes til lodrette flige, der skal sikre svellelens leje i ballasten. Langs fodranden har svellen vulster, der beskytter mod slag af stoppehakken. Om jernsveller gælder, at

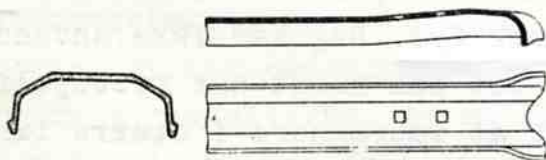


Fig. 23: Jernsvelle.

de giver en hård kørsel, idet de mangler træsvellens elasticitet, og at de ligger mere uroligt i ballasten end træsveller, da deres glatte overflade yder mindre modstand mod forskydning end træsveller; de



kræver altså større vedligeholdelsesarbejde. Teknisk set må træsveller altså foretrækkes, og det kan f.eks. nævnes, at der i Tyskland til de såkaldte "FD-tog-strækninger" kun må anvendes træsveller.

Med hensyn til jernsvellers økonomi i sammenligning med træsvellers hersker der endnu uenighed blandt fagfolk. Jernsveller er stærkt udsat for korrosion og deformationer, og brud ved skinners liggeflader kan finde sted, når svellerne har nået en vis alder. Navnlige i industriegne, hvor luften er syreholdig, angribes jernsveller stærkt. Man har i de senere år søgt at imødegå korrosion ved at tilsætte stålet et mindre indhold af kobber.

For Danmarks vedkommende vil jernsveller næppe komme i betragtning. Bortset fra de tekniske mangler vil jernsveller, der skal importeres, blive dyrere end træsveller og kræve fremmed valuta, hvortil kommer, at den udtjente svelles værdi som gammelt jern kun er ringe.

Jernsveller har i sin tid været anvendt her i landet ved anlæg af Tommerup-Assens banen.

Jernbetonsveller. (21). Der er igennem årene udført utallige typer af jernbetonsveller, men indtil de allersidste år med dårligt resultat, idet det viste sig, at betonsveller hurtigt revnede eller knustes ved de påvirkninger, de blev udsat for fra skinnen. Også D.S.B. udførte for ca. 40 år siden forsøg med betonsveller, der alle måtte udveksles efter levetider varierende fra nogle måneder til ca. 10 år. Efter krigen med den herskende træmangel og de høje priser på træsveller, er spørgsmålet om fremstillingen af betonsveller atter taget op. I de senere år er betontechnikken udviklet, og ved anvendelse af bedste cementkvalitet og omhyggeligt udvalgt tilslagsmateriale samt ved vibrering kan man nu få en beton, der er betydelig bedre end tidligere.

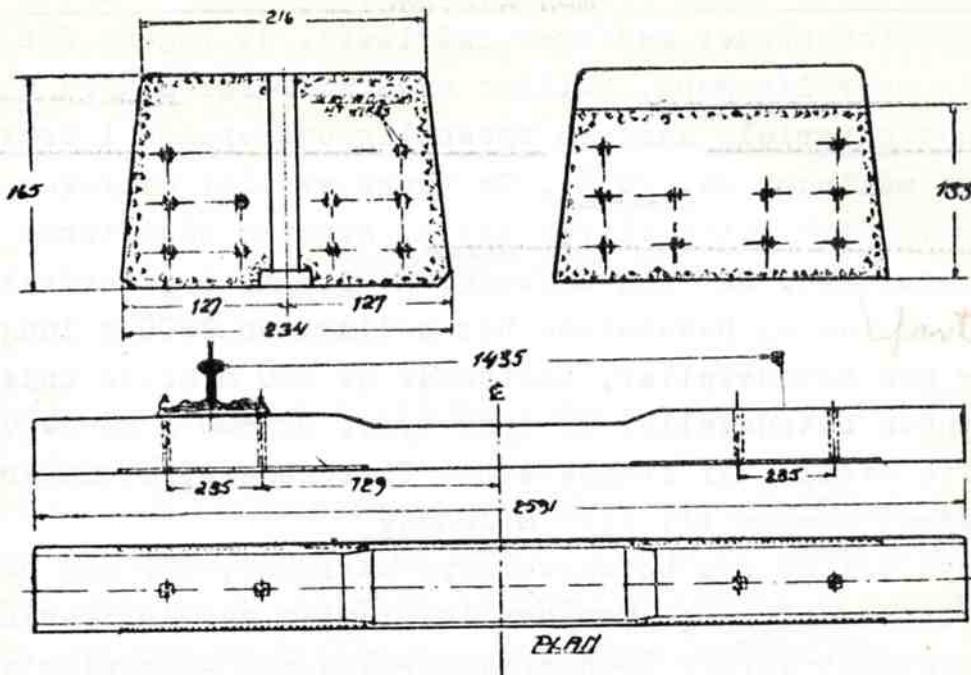
Man skelner mellem monolitiske sveller, der består af een sammenhængende betonklods, og delte betonsveller, hvor der er en betonklods under hver skinne, idet de to betonklodser er forbundet med et indstøbt profiljern. Nedenfor omtales 4 forskellige betonsvelletyper; de 3 er monolitiske, og den sidste en delt svelle.



- 1) Monolitiske sveller armeret med almindeligt stål. Sådanne sveller har ikke vist sig holdbare, og fremstilles derfor næppe mere.
- 2) Forspændte monolitiske sveller, hvor armeringsjernene har adhæsion til betonen. Forspændte betonsveller skal dimensioneres således, at de bliver revnefri. Et af de førende firmaer for fremstilling af sådanne sveller er Dow-Mac i England: dette firmas svelle ses på fig. 24 a. Armeringen består af 20 stk. 5 mm tråde med en trækstyrke på ca. 16.000 kg/cm<sup>2</sup>. Trådene spændes til ca. 60 % af brudgrænsen. Sveller af denne type har imidlertid ikke vist sig helt tilfredsstillende, idet der er en ringe tilbøjelighed til revnedannelse i betonen. D.S.B. har forsøgsvis nedlagt et mindre antal af disse sveller ved Kolding.
- 3) Forspændte monolitiske sveller, hvor armeringen ikke har adhæsion til betonen. (tysk type). En sådan svelle ses på fig. 24 b. Armeringen består af 2 stk. ca. 18 mm stålstænger af specialstål med en trækstyrke på 9.000 kg/cm<sup>2</sup>. Stængerne er overstrøget med en asfaltopløsning for at forhindre adhæsionen. Forspændingen udføres først, efter at betonsvellen er hærnet, ved at de viste møtrikker spændes mod underlagspladen. Efter 3 måneder spændes yderligere, til man har fået et træk på ialt 24 tons. Ved forspændte sveller, hvor armeringen har adhæsion til betonen, kan det, under den påvirkning, som svellen udsættes for, ske, at en eller anden tråd går løs, hvorved svellen svækkes. Denne mangel undgås ved den her nævnte svelletype.
- 4) Den delte svelle. (fransk type). En sådan er vist på fig. 24 c. De to betonklodser er armeret, men armeringen er ikke forspændt. Dette er en mangel ved denne svelle, idet en revne, der måtte opstå f.eks. ved befæstelsen, hurtigt vil blive større gennem forvitring og rustspændinger. Forbindelsesjernet består af et T-jern, og den elasticitet, som dette giver, bevirker, at betonen under svellens belastning ikke udsættes for trækspændinger, ligesom det er en fordel ved opfrysninger i sporet.

Betonsveller har i de allersidste år fået en del anvendelse, og man er blevet klar over, at de byder en række fordele, som man ikke oprindeligt havde regnet med. Den største fordel er, at betonsvellen på grund af sin større vægt (150-200 kg efter typen) muliggør, at skinnerne kan sammensvejses til meget store længder, hvorved

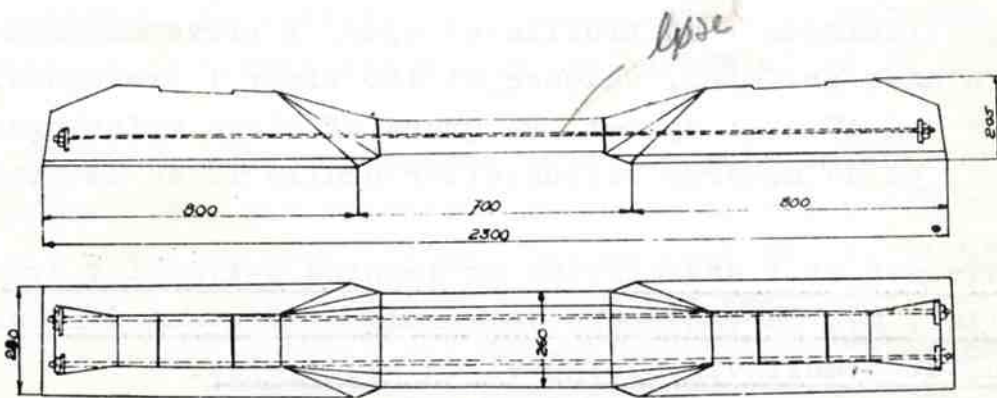




20x5mm

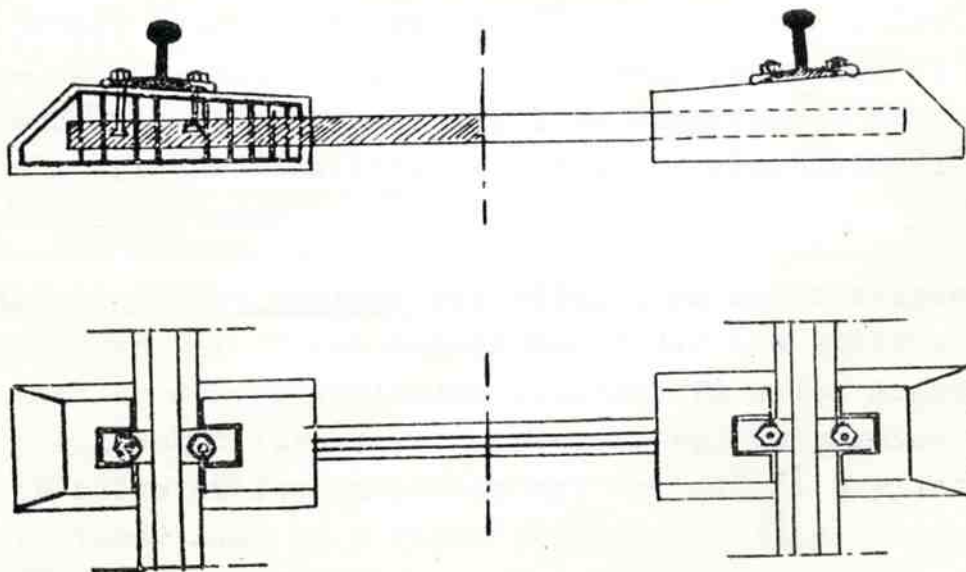
forspændt  
propant

Fig. 24a: Dow-Mac svelle.



2 x 18 mm

Fig. 24b: Forspændt svelle armeret med 2  $\phi$  18



ikke forspændt

Fig. 24c: Delt jernbetonsvelle.

den meget krævende vedligeholdelse af skinnestødet bortfalder. Bortfaldet af skinnestødet medfører endvidere, at togene får en mere behagelig og rolig gang, hvilket også medfører mindre slitage på det rullende materiel, samt en væsentlig besparelse i trækraft (efter franske målinger ca. 20 %). De tunge sveller medfører desuden, at sporets stabilitet bliver bedre, hvorved udgifterne til justering formindskes. Det kan anføres, at D.S.B. i efteråret 1952 mellem Roskilde og Hedehusene har nedlagt en 1600 m lang forsøgsstrækning med betonsveller, bestående af 800 m af de under 3) nævnte forspændte betonsveller af tysk type, og 800 m af de under 4) nævnte delte sveller af fransk type. På forsøgsstrækningen er skinnerne svejset sammen til 1600 m længde.

Med hensyn til de nye betonsvellers varighed, har man naturligvis endnu ingen erfaring. Man har imidlertid ved de franske statsbaner foretaget forsøg i en prøvemaskine med udsætning af skinnebefæstelse for meget kraftige varierende påvirkninger, svarende til påvirkningen i et trafikeret spor. I prøvemaskinen gives 3000 påvirkninger pr. min., således at 100 timer i prøvemaskinen skulle svare til 10 år i sporet. På grund af disse erfaringer har man beregnet, at de moderne betonsveller skulle få en levetid på 40-60 år.

Betonsveller er i anskaffelse og lægning betydeligt dyrere end træsveller, men da vedligeholdelsesudgifterne samtidig går ned, bliver resultatet muligvis alligevel en besparelse.



## SKINNEBEFÆSTELSE.

Et vigtigt punkt i sporstrukturen er skinnens befæstelse til svellen.

Af en god befæstelsesmetode må efter europæisk opfattelse kræves, at skinnen befæstes solidt til underlagspladen eller svellen, således at skinnen og svellen kommer til at virke som et hele. Skinne og svelle må ikke kunne bevæge sig i forhold til hinanden. Denne stive sporstrukturen har særlig betydning ved langskinnespor, se side 31. Det er endvidere af betydning, at befæstelsen er så simpel som muligt og består af så få dele som muligt.

I U.S.A. har man en ganske anden opfattelse af spørgsmålet skinnebefæstelse. Man anvender der korte ca. 12 m lange, som regel meget svære skinner, og man lægger vægt på, at forbindelsen mellem svellen og skinnen ikke bliver for fast. Man undgår derved, at svellen følger skinnen ved de små bevægelser op og ned, der fremkommer, når et tog kører over sporet. Man undgår altså tildels, at svellen pumper op og ned i ballasten, men tværtimod ligger bedre fast i denne, hvorved understopningen holder sig bedre. De løstliggende skinner medfører, at det er nødvendigt med et meget stort antal vandreklemmer (se side 53) i de amerikanske spor.

I det følgende beskrives nogle af de almindeligst forekommende befæstelsesmetoder.

1) Almindelige skinnespiger med eller uden underlagsplade. Skinnespigerets hoved er formet som en hage, der kan gribe over skinnefodens kant og derved fastholde skinnen. På siden af hovedet findes et par knaster (ører), som anvendes ved optrækning af spigeret. Spigerets spids er formet som en æg, der slås i svelletræet vinkelret på fibrene. Fig. 25 a viser det ved D.S.B. anvendte skinnespiger 16. • 16 • 150 mm.

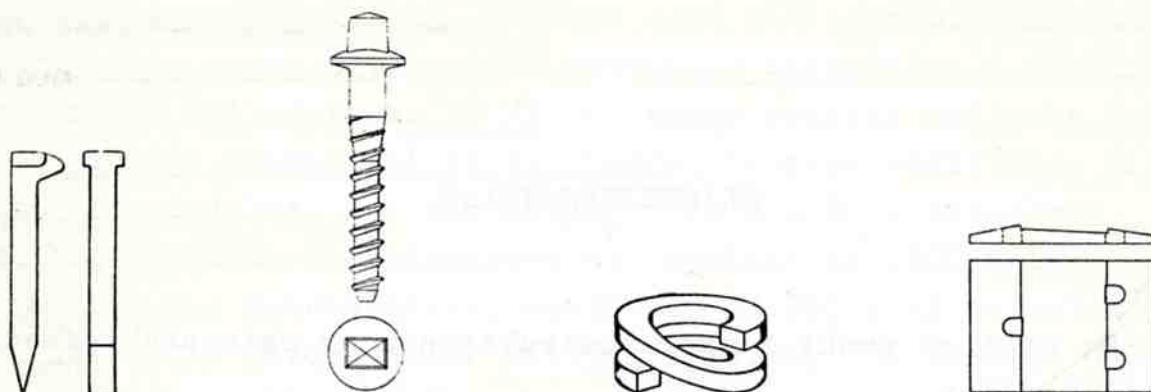


Fig.25a:Skinnespiger. Fig.25b:Svelleskrue. Fig.25c:Dobbelt spændering. Fig.26: Underlagsplade.

F.eks. i Sverige anvendte man tidligere, da træ i dette land var meget billigt, ikke underlagsplader, men lagde skinnen direkte på de forøvrigt uimprægnerede fyrresveller, der måtte udskiftes med korte mellemrum.

Som regel anvendes 2 spiger indvendigt og 1 udvendigt. Nu anvendes næsten altid underlagsplader, der kan se ud som vist på fig. 26. Den viste underlagsplade giver skinnen hældning 1:20 (se side 6), og endvidere er der fremspring, der støtter skinnen på begge sider. Såfremt der benyttes spiger, er hullerne som regel firkantede. Denne befæstelsestype med skinnespiger er endnu langt den almindeligste i U.S.A. Som regel slår man endda ikke spigeret helt ned, så dets næb hviler på skinnefoden, idet det under trafikens virkning alligevel trækkes en lille smule op. I U.S.A. er man endda ved spigeroverbygning kommet ind på den nedenfor omtalte "adskilte" skinnebefæstelse. I hver underlagsplade findes da 2 spiger, hvis opgave kun er at holde underlagspladen fast til svellen, og som altså slet ikke rører ved skinnefoden, samt 2 andre spiger, der holder skinnen fast.

Skinnespiger med underlagsplade er den almindeligst anvendte befæstelses måde ved danske privatbaners spor.

2) Svelleskruer med simpel underlagsplade. Svelleskruernes dimensioner afhænger af de pågældende skinneres størrelse. På fig. 25 b vises f.eks. en D.S.B.-svelleskrue til 45 kg skinner. Hovedet er



breddt og har en konisk underside svarende til hældningen af skinnefodens overside, hvorimod skruen skal spænde. På skruehovedet findes en firkantet tap svarende til den topnøgle, hvormed skruen iskrues. Ved ældre skrueformer er tappens kvadratisk, ved moderne rektangulære. Den øverste del af tappens formes som en pyramide, hvorved man konstaterer, om der har været slået på skrueerne ved disses anbringelse (hvilket under ingen omstændigheder kan tillades). Skal svelleskruer anvendes til at spænde på en klemlade eller direkte på en underlagsplade, gøres undersiden af skruehovedet plant. Der kan anvendes underlagsplader af omtrent samme form som ved skinnespiger, kun at hullerne er cirkulære. Denne type anvendes i D.S.B.'s 37 kg overbygning.

3) Da D.S.B. i 1912 gik over til anvendelse af svelleskruer ved 45 kg overbygning, indførte man den såkaldte hageplade, som ses på fig. 27. Den er forsynet med en hageformet vulst, der griber om den udvendige skinnefod. Den indvendige kant spændes fast med en kiledannet klemlade, der fastholdes af en svelleskrue, som også fastholder underlagspladen til svellen. Denne konstruktion viste sig dog mindre heldig, idet den indvendige skrue overbelastedes, hvorved delene blev løse.

4) I 1931 gik man over til den på fig. 28 viste overbygningstype, der har "adskilt" skinnebefæstelse. Klemladen fastgøres her af en klemladebolt med ovalt bryst, der hindrer, at boltens kan drejes rundt. Underlagspladen fastholdes til svellen ved 4 svelleskruer. Mellem klemladen og møtrikkerne er indlagt en dobbelt spændering (se fig. 25 c), der som regel udføres "højtspændende", d.v.s. selve spiralen er bølget, således at man, efter at have spændt spiralen sammen, ved yderligere tilspænding af møtrikken, kan opnå forøget spændkraft ved at spænde bølgerne sammen. Denne befæstelsesmåde har været tilfredsstillende, men er ret kostbar, idet der til underlagsplader m.v. medgår ca. 33 kg stål pr. m spor.

5) Som nævnt side 37 gik man ved D.S.B. i 1929 over til i større udstrækning at anvende bøgesveller (17). Da disse er betydeligt

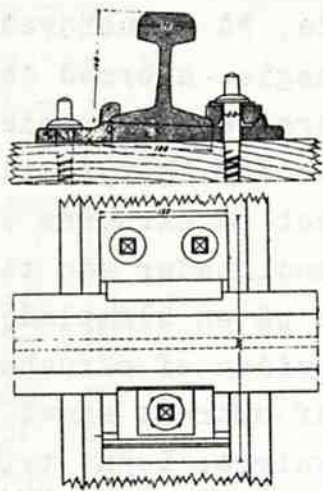


Fig. 27: Hageplade

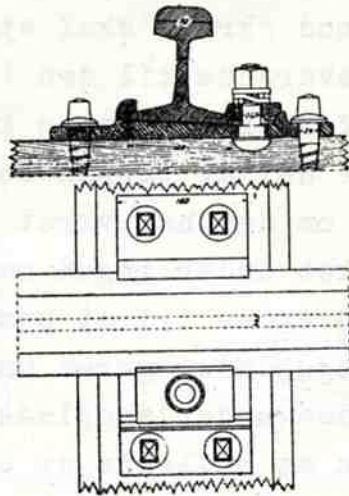


Fig. 28: Adskilt befæstelse.

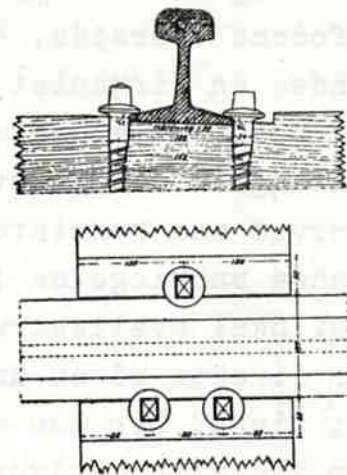


Fig. 29: Bogesvælle uden underlagsplade.

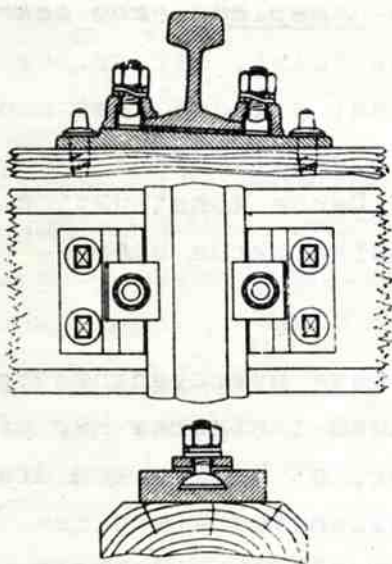


Fig. 30: Ribbepladeoverbygning.

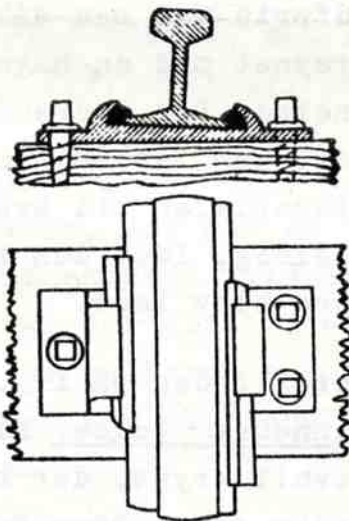


Fig. 31: Kilebefæstelse.

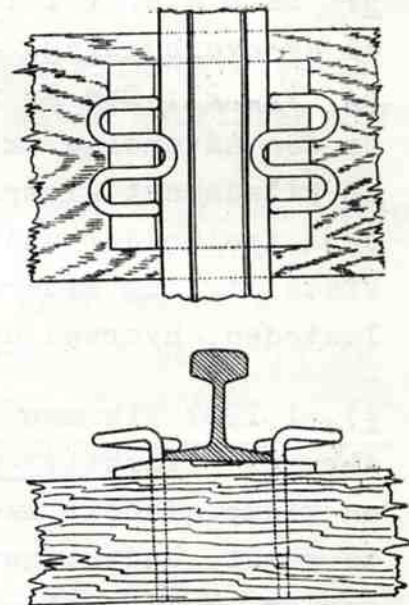


Fig. 32b: Macbeth-spiger.

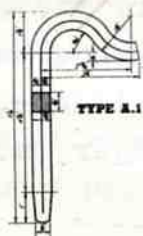


Fig. 32a: Fjederspiger.



hårdere end fyrresveller, kan man helt udelade underlagspladerne. Svellerne forsynes blot med et skråt snit, der giver skinnehældning, og skinnen fastskrues med 3 svelleskruer i 45 kg overbygningen (se fig. 29) og 4 svelleskruer i 60 kg overbygningen. Denne overbygningsform stammer fra Frankrig, hvor den i en lang år-række med gode resultater har været anvendt på den tidligere Øst- og Nordbane.

Tidligere borede man altid svelleskruehullerne helt igennem svellen, for at der ikke skulle samle sig vand i bunden af hullerne, som derved kunne blive udgangspunkt for råd. Ved de store krav, der ved moderne sikringsanlæg stilles til sporisolationen, har det imidlertid vist sig nødvendigt at undlade at bore hullerne igennem, idet den elektriske modstand, målt mellem de 2 skinne-strengene, som altså er forbundet af de i og for sig ikke ledende materialer, træ og stenballast, bliver højere, når hullerne ikke går igennem svellen.

6) Ribbepladeoverbygning. Overbygning med adskilt skinnebefæstelse, hvor underlagspladen er forsynet med to ribber, hvorimellem skinnefoden hviler (se fig. 30). I ribberne er udfræset svale-haleformede udsnit, hvori klempladeboltenes hoveder, der er tilsvarende udformede, kan indføres fra siden. Klempladerne er formede således, at de går op over ribberne. Det er ved denne overbygning muligt at fjerne klemplader og bolte samt skinner, uden at løsne underlagspladerne fra svellerne. Mellem skinne og underlagsplade lægges i reglen en presset poppelplade.

Denne overbygningstype anvendes ved de tyske baner og endvidere af Københavns sporveje på de strækninger, hvor sporvejene har vignoleskinnespor. Den underlagsplade, Sporvejene anvender, har ikke hældning, således at skinnen altså står lodret. Dette hænger sammen med, at sporvejshjulene er "omtrent" cylindriske (hældning 1:40), jfr. side 6.

7) Kilebefæstelse. Skinnen hviler her i en dobbelt hageplade, og mellem hagerne og skinnefodens kanter er inddrevet slanke stålkiler (se fig. 31). Konstruktionen giver sporet storsidestivhed og egner sig derfor godt til spor med langskinner. Efter firmaet betegnes denne befæstelse Ougrées konstruktion, og den anvendes bl.a. i Finland.



Til kilebefæstelse må også henføres den engelske stolskinneoverbygning (se side 27).

8) Fjederspiger (22). I midten af 30'erne fandt man i Tyskland på en ny spigerkonstruktion, hvor spigernæbbet gjordes fjedrende. Fjederspiger er af forskellige fabrikanter udført på forskellige måder, som det fremgår af fig. 32. På den på fig. 32 a viste type (engelsk Elastic Rail Spike) er spigeret udført som en lamelfjeder, der består af 2 sammenbøjede dele, udført af legeret stål. Forneden er lamellerne forbundet, hvorimod de for oven i næbbet ligger frit på hinanden, således at de ved armens fjedring kan forskyde sig. Den øverste del er afbøjet i en flad bue til en lang arm, der støtter på skinnefoden og erstatter næbbet på et gammeldags skinnespiger. Da armen må have en vis længde for at fjedre tilstrækkeligt, må spigeret slås i svellen i nogen afstand fra skinnefoden. Skinnen styres af fremspring på underlagspladen, som vist på fig. 32 a.

Den anden type fjederspiger ses på fig. 32 b. Disse spiger (Machbethspiger) har 2 cirkulære ben, hvilket siges at nedsætte faren for revnedannelser i svellerne, idet de 2 ben holder sammen på træet i svellerne.

Fjederkraften i spigeret medfører, at den faste forbindelse mellem skinne og svelle opretholdes, selv om skinnen arbejder sig lidt ned i svellen. Fjederspigeret udøver et tryk på skinnen på 4-500 kg, hvilket er så meget, at skinnevandring (se side 53) ikke skulle forekomme på strækninger med fjederspiger. Vandreklemmer er derfor ikke nødvendige.

Fjederspiger fandt ingen større anvendelse i Tyskland, men benyttes siden 1940 på de svenske hovedbaner og anvendes også i England, efter at man der i 1949 ved sporombygninger er gået over til at anvende vignoleskinner. D.S.B. benytter dem ikke, medens flere danske privatbaner har påbegyndt forsøg med anvendelse af fjederspiger af forskellige typer.

9) Skinnebefæstelse på jernbetonsveller (21). Spørgsmålet om skinnebefæstelse er ved jernbetonsveller et meget stort problem. Befæstelsesdelene må helst kunne udveksles, uden at svellen fjernes fra sporet, da dette medfører store omkostninger. Dette er ikke tilfældet ved Dow-Mac svellen, se side 42, hvor D.S.B. har anvendt den



ovenfor under 4 omtalte befæstelsesmåde, idet de 4 svelleskruer blot erstattes af 2 bolte, der går helt igennem svellen. Mellem underlagsplade og svelle er dog indskudt en jernfiltplade.

Ved de nyeste typer af jernbetonsveller anvendes kanellerede (riflede) gummiplader (se fig. 33 a) mellem skinnefod og svelle, idet det ved studier foretaget af de franske statsbaner har vist sig, at sådanne plader er i stand til at dæmpe de kraftige højfrekvente svingninger, som opstår i sporet under togpassage, således at disse svingninger ikke overføres til svellen, hvor de vil virke stærkt nedbrydende på betonen.

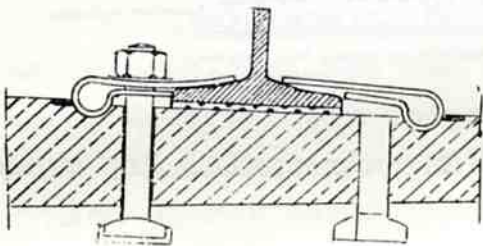


Fig. 33a.

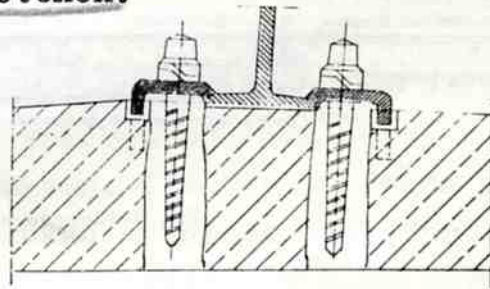


Fig. 33b.

Skinnebefæstelse på jernbetonsveller.

På den side 42 omtalte franske svelletype sker befæstelsen ved 2 bolte med rektangulært hoved (se fig. 33a), der fra oven stikkes ned i et i svellen udsparet hul, der går helt ned til forbindelsesjernet mellem de to svelleklodser, i hvilket der også er foretaget udskæringer, således at boltens får fat i jernet og i virkeligheden slet ikke rører betonen. Skinnens befæstelse sker derefter ved, at en møtrik spændes mod en fjedrende klemplade. Disse 2 fjedrende led, gummipladen og klempladen, anses for at være meget vigtige led i konstruktionen. Når et tog kører over sporet, og gummipladen sammenpresses, presses skinnen nemlig stadig ned af den fjedrende klemplade, således at der ikke bliver noget spillerum.

I den tyske jernbetonsveller er indstøbt 2 træpropper, hvori svelleskruerne anbringes (se fig. 33 b). Fjedringen, som i den franske type frembringes af fjedrende klemplader, fremkommer her ved den tredobbelte spændering, der er anbragt imellem klemplade og svelleskruerhoved.

10) Rilleskinners befæstelse. I gader, hvor belægningen har betonfundament, lægges såvel sporvejsspor som havnespor (med rilleskinner) ligeledes på betonfundament, der udføres som et 20 cm tykt betonlag (som vist på fig. 34). Mellem skinne og fundament udstøbes med asfaltkomposition et lag på 2,5 cm tykkelse, dels for at opnå blødere kørsel og dels som støjdæpende foranstaltning. Skinnerne forankres med bolte faststøbt i betonen.

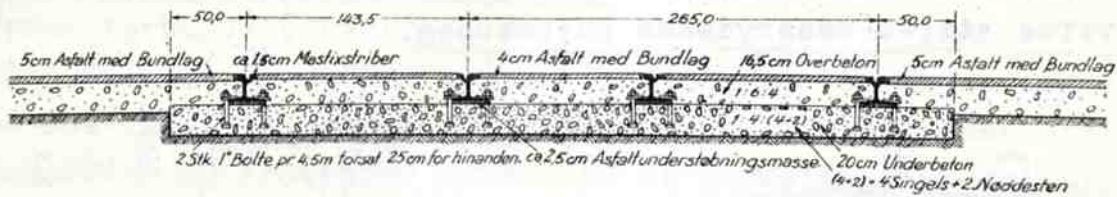


Fig. 34: Sporvognsspor på beton.

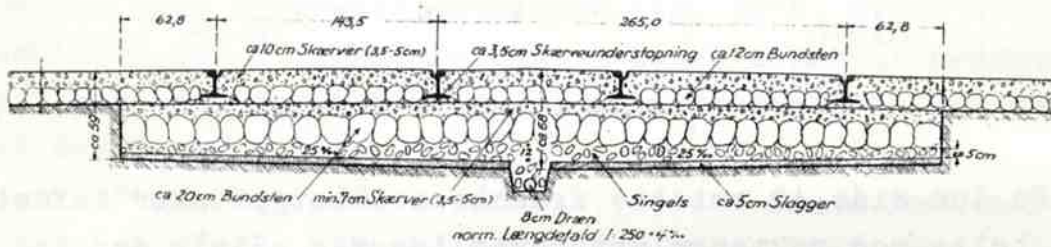


Fig. 35: Sporvognsspor på makadam.

I gader med svagere befæstelse kan sporvejsskinnerne anbringes direkte på et makadamfundament (se fig. 35), idet hver skinne understoppes med et lag småskærver. Til sikring af sporvidden anbringes sporstænger mellem skinnerne. Havnespor af rilleskinner anbringes i sådanne gader sædvanligvis på tværsveller af træ og fæstes med svelleskruer.

Da sporrillen fungerer som rendesten, må der i skinnernes dybdepunkter udskæres et hul i rillebunden, og under dette anbringes en afvandingskasse af støbejern med afløb gennem en rensebrønd til kloak.



11) Befæstelse af skinner på eftersynsgruber. Se: Moderne jernbanestationer side 231.

12) Pløkning af sveller foretages, når gamle spiger eller skruehuller ikke mere skal benyttes, f.eks. når svellerne skal anvendes til en anden overbygningstype end tidligere. Til spigerhuller anvendes firkantede og til skruehuller runde eller ottekantede pløkke. Af hensyn til islagningen fremstilles disse helst af hårdt træ, f.eks. ~~og~~ eller bøg, og de imprægneres af hensyn til holdbarheden. Da de gamle huller i reglen er slidt ud for oven, gøres pløkkene tykkere i den øverste ende.

I spigret spor slides spigerhullerne ofte ud, så spigrene ikke mere holder. Man kan da tage spigret op, slå en pløk i hullet, og derefter slå spigret i pløkken. I dette tilfælde må af hensyn til islagningen anvendes pløkke af blødt træ (fyr).

Ved stærkt udslidte spigerhuller anvender D.S.B. skinnespiger med rektangulært tværsnit 16 · 19 mm.

I skruet spor kan det ske, at skruerne efter gentagne tilspændinger bliver løse (går over gevind). Man kan da tage skruerne op og slå hulpløkke i hullerne, hvorefter skruerne atter skrues i. Hulpløkken er en cylindrisk pløk af imprægneret bøgetræ med en konisk gennemboring på langs, og udvendig forsynet med skarpe tværriller. Pløkken slås i ved hjælp af et særligt værktøj. Til brug i skruehuller, som foroven er trykket udad (f.eks. i kurver), haves hulpløkke, hvis øverste del er nakkeformigt udvidet.

13) Skinnevandring. Herved forstås den længdebevægelse af skinnerne, som meget ofte foregår i et jernbanespor, og som fremkaldes ved togenes kørsel over sporet, idet hjulene under deres passage af skinnestødene slår mod den svagt nedbøjede ende af den "modtagende" skinne. Der er særlig tilbøjelighed til skinnevandring:

på stærke faldstrækninger i faldretningen,

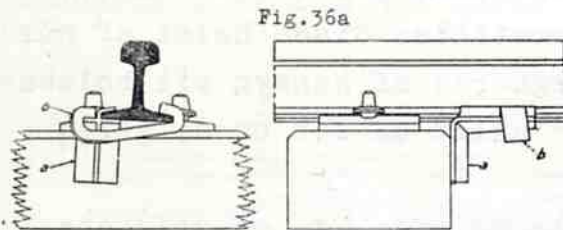
på dobbeltsporede baner i kørselsretningen,

på bremsestrækninger i kørselsretningen.

Bevægelsen sker som regel ved, at skinnerne glider på underlaget, og resultatet kan blive, at stødspillerummene lukkes ved, at skinnerne "køres sammen", hvorved fare for hedeslag (se side

22) opstår. Skinnevandringen kan modvirkes ved anbringelse af vandreklemmer, der fastgøres på skinnerne og trykker på siden af svellerne.

Fig.36a viser den ved D.S.B. meget anvendte kileklemme, der består af to dele:



Kilevandreklemme bestående af en Kile (a), der griber omkring Skinnefoden og ligger med en lodret nedadbøjet Flig an mod Svellen. Bøjlen (b) griber om Kilen og om den modsatte Kant af Skinnefoden. Den vandrette Flig af Kilen er skraat tildannet, hvorved Kilevirkningen, som holder Klemmen fast, fremkommer.

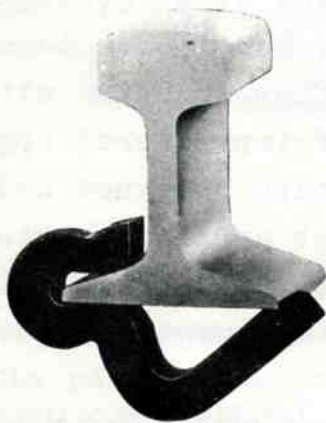


Fig.36b:Fjedervandreklemme.

a) et kilestykke, hvis øverste del ind mod skinnen er udformet som en hage, der griber om skinnefoden, og som udvendig er kileformet tildannet; den nederste del af kilestykket er bøjet  $90^{\circ}$  og lægges an mod svellen.

b) en bøjle, der griber om den omtalte hage samt om den modsatte kant af skinnefoden. Bøjlen vil, når den drives ind over kilestykket, klemme dette fast til skinnen.

Fig. 36 b viser en fjederklemme, der består af en svær bøjleformet stålfjeder, der griber om skinnefoden.

I Frankrig anvender man i stedet "stemlasker", der med en enkelt bolt fastspændes på skinnekroppen, og som har en lodret flig, der støder an mod svellen.

For at fordele trykket over flere sveller, er nabosvellerne forbundet indbyrdes og med den svelle, hvor stemlasken sidder, ved 2 stk. fladjern, fastgjort til svellerne med svelleskruer. I Danmark anses stemlasker for uheldige på grund af, at det er nødvendigt at bore hul i skinnen.

Vandreklemmer anbringes altid ved skinnemidten, f.eks. på de 6 midterste sveller.

Ved store skinnelængder er modstanden mod skinnens glidning så stor, at vandreklemmer kan udelades. Dette er f.eks. tilfældet ved D.S.B.'s 60 m lange 60 kg skinner.



## SKINNESTØD.

Skinnestød kan efter hovedprincippet i konstruktionen inddeles i 3 grupper: 1) faste stød, 2) svævende stød og 3) dobbeltsvellestød.

Ved det faste stød lægges de to skinneender på en fælles underlagsplade anbragt på een stødsvelle (fig. 37 a). Denne

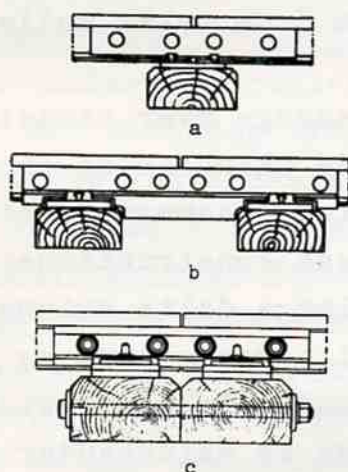


Fig.37: Skinnestød.

konstruktion anvendtes i jernbanernes første år, men er nu forladt, idet den faste understøtning af de to skinneender giver en amboltvirkning, der forårsager stor udplætning af skinneendernes køreflade. Ved det svævende stød (fig. 37 b) er selve stødet lagt midt i et svellemellemrum. Herved kan skinnerne mere elastisk opfange hjulenes stød ved overgangen fra den afgivende til den modtagende skinne, og udplætningen bliver mindre. De to sveller nærmest stødet kaldes stødsveller. Ved dobbeltsvellestødet (fig. 37 c) eller det koblede stød er de to stødsveller lagt klods op mod hinanden og samlede med tre tværgående stødsvellebolte. Dobbeltsvellestødet giver en bedre understøtning af skinneenderne end det svævende stød, uden at det dog må betragtes som et fast stød, idet de to skinneender ligger

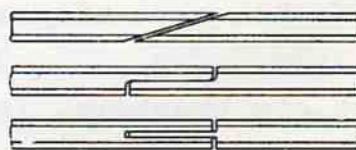


Fig.38: Skråstød og bladstød.

frit mellem de to underlagsplader, og derved giver nogen elasticitet, således at den ved det faste stød optrædende amboltvirkning ikke bliver så stærk.

Undertiden lægges over de to sammenkoblede sveller en fælles underlagsplade - stødplade -, der giver en bedre styring af skinnerne. I en sådan plade er da under de to skinneender udsparet et firkantet hul, således at stødet ikke får karakter af fast stød. Svellerne kan da godt ligge tæt sammen. Som eksempel kan anføres stødet i D.S.B.'s 45 kg overbygning med hageplader og adskilt skinnebefæstelse.

Anvendes ikke underlagsplader, som det f.eks. er tilfældet ved D.S.B.'s nyeste 45 kg overbygning, hvor skinnerne hviler direkte på bøgesveller, lægges de sammenkoblede sveller med et 5 cm mellemrum for at gøre skinneenderne fri. Mellemrummet tilvejebringes ved udfor stødsvelleboltene at anbringe 5 cm tykke mellemklodser af bøg.

For at mindske slagene ved hjulenes passage over stødet har man forsøgt at tildanne de to sammenstødende skinneender på forskellig måde, f.eks. skrå afskæring (skråstød), sammenbladning (bladstød) og lign. (fig. 38). Ingen af disse konstruktioner har imidlertid vist sig brugbare, idet det på langs delte skinnehoved under trafikens påvirkning vil bøje ud til begge sider, og bladstødene vil tillige virke som to efter hinanden følgende stød.

Af hensyn til varmeudvidelsen lægges de to skinneender i stødet i reglen med et stødspillerum (se dog langskinner). Almindeligvis anbringes stødene i de to skinnestrengene lige overfor hinanden; i Amerika anvendes imidlertid forsatte stød, idet stødene i de to skinnestrengene er forskudt en halv skinnelængde for hinanden. Amerikanernes opfattelse er, at skinnestødet herved føles mindre ved kørsel over sporet. I Europa mener man, at man ved forsætningen blot opnår at få dobbelt så mange stød i toget. Den amerikanske forsætning af skinnestød kan måske hænge sammen med, at alt rullende materiel i U.S.A.-både godstog og personvogne - har bogcier.

Til samling af skinnerne ved skinnestødene anvendes (skinne)-lasker, hvoraf der findes tre forskellige hovedformer, nemlig flad-



lasker (fig. 39 a), vinkellasker (fig. 39 b) og Z-lasker (fig. 39 c). Laskernes anlægsflader, der svarer til skinnernes laskekamre, har hældning i reglen 1:3-1:4, således at laskerne ved laskeboltenes tilspænding kiles ind i laskekamrene. I reglen anvendes 4 laskebolte, undertiden 6. Det sidste giver længere lasker, der er mere udsat for brud. Oprindeligt anvendtes fladlasker, senere vinkel- og Z-lasker, idet man derved søgte at forøge laskeparrets modstandsmoment. Imidlertid vil laskeparrets og skinnens neutrale akser ved de sidstnævnte to former ikke ligge i nærheden af hinanden, hvorfor laskernes og skinnernes elastiske længdeændringer ved berøringsfladerne ikke vil følges under stødets belastning. Herved vil der, navnlig ved Z-lasker, opstå en længdeglidning af laskerne i laskekammeret, og som følge deraf stærkt slid. Ved moderne spor konstruktioner anvendes derfor i reglen fladlasker.

Da laskerne i reglen går hen over stødsvellerne, må man, såfremt der anvendes vinkel- eller Z-lasker, klinke ud i den vandrette og ved Z-lasker tillige i den nederste lodrette flig for at få plads til spiger eller skruer og underlagsplader. Disse udklinkninger kan også blive udgangspunkter for brud. Da udklinkningerne ikke altid bliver ens på begge sider af skinnen, kan man få to forskellige lasker, indvendige og udvendige.

Lasker fremstilledes tidligere af blødt stål. I den nyere tid er man gået over til at anvende hårdere materiale (f.eks. stål 50) og undertiden også hærdning af laskernes anlægsflader, for derved at forøge styrken og slidmodstanden.

Til sammenspænding af laskerne anvendes laskebolte. Det af hensyn til varmeudvidelse nødvendige spillerum findes

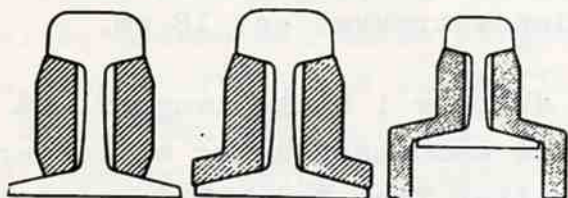


Fig.39: Flad-, vinkel- og Z-lasker.

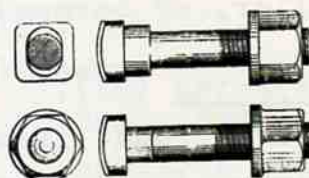


Fig.40: Laskebolt.



i hullerne i skinneenderne, idet disse huller er noget større end boltediametren. For at hindre boltens drejning under tilspændingen, kan disse forsynes med firkantet eller ovalt bryst, der passer i tilsvarende huller i lasken, se fig. 40. For at undgå de firkantede eller ovale huller, som må fremstilles ved lokning og derved lettere giver anledning til laskebrud, anvendes i den nyere tid laskebolte uden bryst, hvorved laskeboltehuller nu bliver cirkulære og kan fremstilles ved boring. Boltene gives da firkantet hoved, der passer mellem to ophøjede ribber på laskens yderside.

Af hensyn til tilsynet med sporet anbringes laskeboltene i reglen således, at møtrikkerne vender mod sporets midte. Kun ved skinner af ringe højde, f. eks. D.S.B.'s 22,5 kg skinne, må møtrikkerne anbringes udvendig i sporet, da sporrillens dybde i modsat fald ikke kan overholdes. Såfremt rillens dybde ikke overholdes, vil møtrikker og bolte hurtigt blive ødelagt ved at påkøres af hjulenes flanger.

Isolerede stød (23) anvendes, hvor 2 sporstrengene af hensyn til signalstrømløbene skal isoleres fra hinanden. I så fald kan der mellem stållaskerne og skinnen indlægges tynde fiberplader, eller laskerne kan fremstilles af forædlet (plasticbehandlet) træ.

2  
0  
Skinneudtræk. På større broer, hvor sporet føres over dilatationsfugerne, udføres stødene som skinneudtræk. Imellem to fuger (skinneudtræk) er skinnerne da i reglen svejset sammen (se nedonfor). Et skinneudtræk består som regel af en tung og en sideskinne (se fig. 41). Tungen er holdt på plads af støttevinkler.

Sådanne skinneudtræk er f.eks. anvendt ved alle de bevægelige lejer på Lillebæltsbroen. Bevægelsen fra højeste til laveste temperatur andrager her 44 cm. Ved 800 m lange skinner, lagt på jernbetonsveller, er bevægelsen i skinneudtrækket ca. 18 cm.

Skinnesvejsning (24). Anvendes skinner i store længder, må disse af praktiske grunde fremstilles ved sammensvejsning af kortere længder. Skinnesvejsning kan udføres efter fire forskellige metoder:  
1) Thermitsvejsning. De to skinneender, som skal sammensvejses, lægges mod hinanden med et spillerum på 10-12 mm og rettes ind. Der-



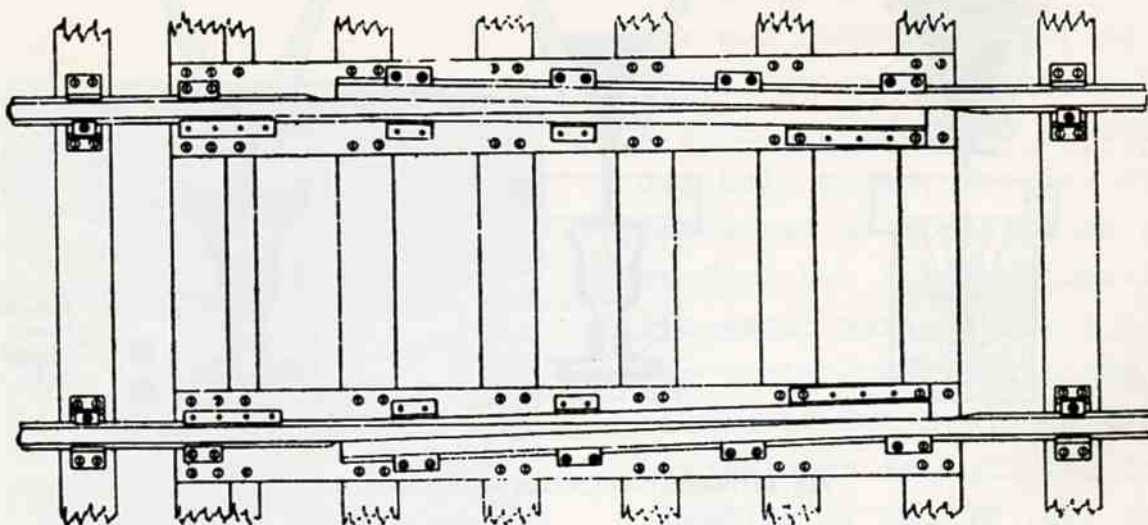


Fig.41: Skinneudtræk.

efter anbringes om svejsestedet en ildfast form, hvorefter skinneenderne ved hjælp af en blæselampe opvarmes til lys kirsebær-rødglødhede. Over svejsestedet er anbragt en konisk digel, som fyldes med "stålthermit", d.v.s. en blanding af fint pulveriseret aluminium og jernilte og visse tilsætninger, som giver et stål, der i hårdhed og slidmodstand svarer til skinnestålet.

Thermitten antændes med en tændsats og omdannes under en kraftig varmeudvikling til smeltet stål dækket af en flydende slagge af aluminiumilte. Efter at forvarmning af skinneenderne, der foretages for at spare på thermitten, er tilendebragt, og processen i diglen fuldbyrdet, stikkes der hul på diglen, hvorved dens indhold løber ned i formen. Det smeltede stål lægger sig om hele skinneprofilet, og smelter sammen med skinnerne. Slaggen lægger sig i formens øverste del (fig. 42). Formene borttages nogle minutter efter støbningen, og den over skinnehovedet stående vulst afmejsles, medens den endnu er glødende. Efter afkøling bearbejdes skinnehovedet med skinnefil eller slibemaskine. Denne metode, der er den mest moderne, betegnes "Zwischengussverfahren".

2) Ved Lysbuesvejsning anvendtes tidligere forskellige udformninger af forbindelsen mellem de to skinner, idet en sammensvejsning af de to skinneender alene i reglen ikke gav tilstrækkelig



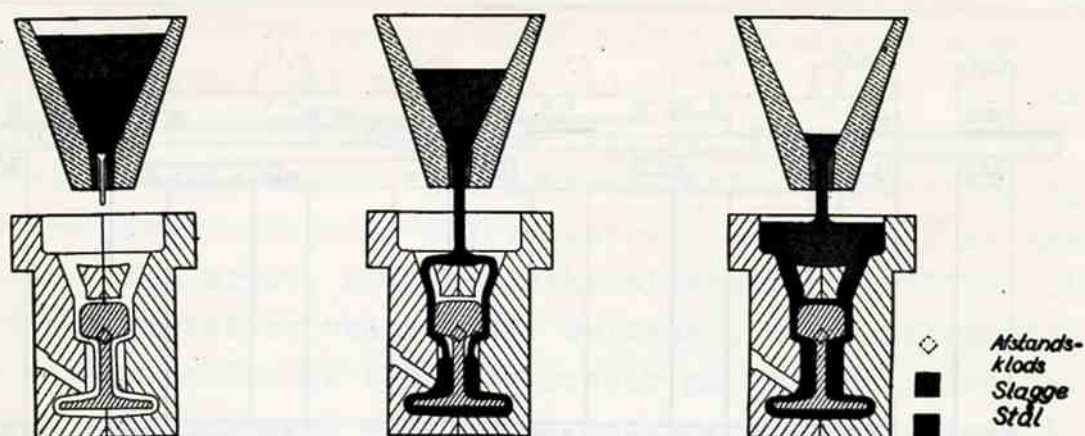


Fig.42:Thermit-svejsning af skinner.

styrke. Man søgte at bøde herpå ved f.eks. at indlægge lasker og svejse disse til skinnernes hoved og fod, eller lægge en fodplade under skinnen og svejse skinnefodens kanter hertil, og flere andre konstruktioner. Disse samlingsmetoder er dog nu helt forladt, idet den elektriske svejsning på grund af sin stærkt lokaliserede opvarmning, og som følge deraf ret hurtige afkøling, medfører hærddninger i skinnestålet, som gør svejsestedet skørt. Varighedsprøver med skinne-svejsninger af de forskellige typer viser da også, at lysbuesvejsningerne brydes ved det laveste antal påvirkninger.

3) Gassvejsning. (Autogensvejsning), der med hensyn til holdbarhed er lysbuesvejsningen overlegen, anvendes nu en del. Dette skyldes bl.a. den bedre varmebehandling, og de som følge deraf mindre spændinger i skinnerne. Gassvejsningen udføres i reglen alene ved skærpning og svejsning af de to skinneender uden anvendelse af lasker, plader eller lign.

4) Elektrisk modstandssvejsning foretages på en stuksvejsmaskine, nu i reglen helautomatisk. En sådan maskine findes f.eks. på D.S.B.'s svejseanlæg i Fredericia (se fig. 43). Den kan tage D.S.B.'s 60 kg skinner. Skinnerne spændes op i maskinen og trykkes imod hinanden, hvorefter der sendes en meget kraftig elektrisk strøm igennem dem. Kontaktmodstanden i svejsestedet giver anledning til en stærk varmeudvikling, og svejseprocessen indledes ved, at det ene sæt svejsebakker bevæges frem og tilbage, hvorved der dannes en lysbue, som yderligere opvarmer skinneenderne, samtidig med at alle urenheder på svejsefladerne brændes bort.



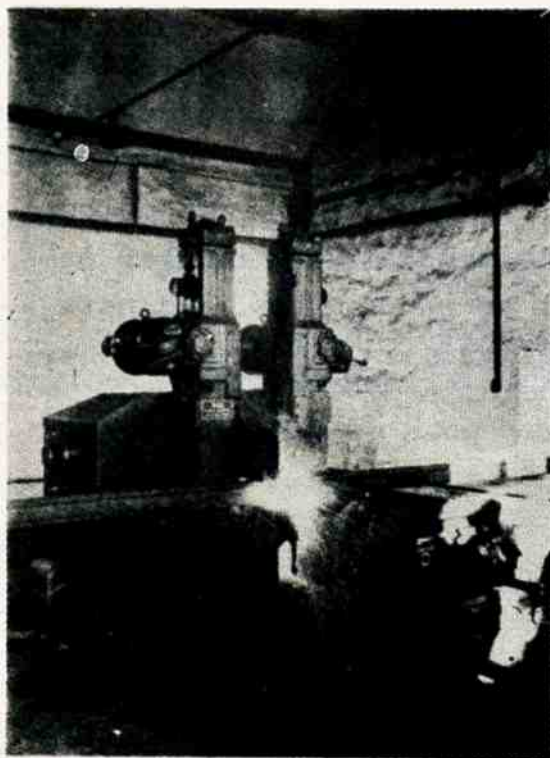


Fig.43: Elektrisk skinnesvejsning

Når svejsetemperaturen er nået, trykkes de to skinneender mod hinanden, hvorved der finder en stukning sted. Efter stukningen afbrydes processen, der hele tiden, fra den startedes ved at træde på en pedal, er forløbet fuldt automatisk. Processen varer i ca. 3 minutter varierende lidt efter størrelsen af det svejsede profil. Svejsningen foregår ved en spænding af ca. 10 volt og en strømstyrke af ca. 30.000 amp. Efter svejsningen afmejsles den fremkomne grat, og skinnehovedet slibes. Ved svejsningen forkortes skinnerne på grund af afbrændingen og stukningen (f.eks. ved 60 kg skinner 28mm).

Sammenlignes de fire nævnte metoder, er den elektriske modstandssvejsning foruden at være

den billigste tillige den teknisk set mest fuldkomne.

Foruden sammensvejsning af nye skinner foretages i stor udstrækning svejsning af ældre skinner, idet disse rettes og afkortes, hvorefter de svejses til større længder. Derfor findes på et svejseanlæg foruden svejsemaskinen tillige maskiner til retning, afkortning, boring og slibning af skinnerne.

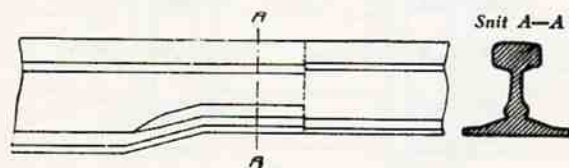


Fig.44:Svejst overgangsskinne.

Svejsning anvendes også ved fremstilling af de såkaldte overgangsskinner (se fig. 44), der benyttes, hvor man skal gå over fra et skinneprofil til et andet. Tidligere udførtes en sådan overgang, som et over-

gangsstød med anvendelse af overgangslasker. Da sådanne lasker må udføres med et spring i højden midt i lasken, svarende til den forskellige højde af laskekamrene i de to skinner, er sådanne lasker meget tilbøjelige til at revne.

Ved D.S.B. indførtes svejsning i 1929, og der anvendtes Thermitsvejsning (ialt udført ca. 36.000), indtil svejseanlægget i Fredericia i 1938 sættes i drift.

Svejsning af sporvognsspor kan foregå efter samme metoder som ovenfor nævnt, men på grund af de mindre påvirkninger og den lette adgang til elektrisk strøm er en direkte sammensvejsning med lysbuesvejsning den almindeligst anvendte metode her.

+37

△

↓ Ges



## SÆRLIGE SPORKONSTRUKTIONER.

1. Kontraskinner. Hvor jernbanespor skal lægges i gade eller vej (f.eks. ved overkørsler eller havnespor), anbringes i reglen på den indvendige side af køreskinnen en kontraskinne, som tjener til at holde en passende sporrille åben og hindre vejbefæstelsen i at skride ud (se fig. 45). For at sikre

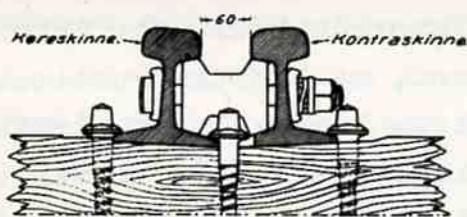


Fig. 45: Kontraskinne.

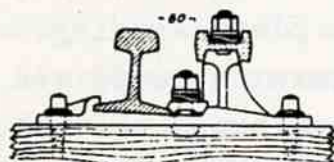


Fig. 46a: Ledeskinne.

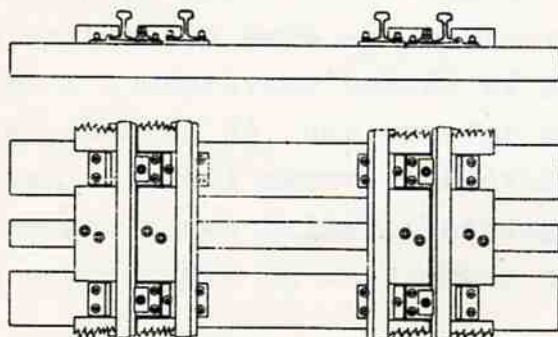


Fig. 46b: Beskyttelsesskinne.

sporrillens størrelse anbringes mellem køre- og kontraskinne støbejernsklodser, hvorigennem skinnerne forbindes med tværbolte. Sporrillen må altid holdes oprenset, særlig om vinteren for is og sne. Man anbringer derfor helst ikke kontraskinner ved ubevogtede overkørsler.

2. Ledeskinner. For at begrænse sidesliddet på den udvendige skinnestreg i skarpe kurver, f.eks. med  $R = 300$  m og derunder, anbringes undertiden langs den indvendige skinnestreg på dennes indvendige side en særlig skinne, ledeskinnen (se fig. 46 a), anbragt på en særlig ledeskinnestol, der også bærer køreskin-

nen. Sporrillen mellem køreskinnen og ledeskinnen gives en sådan bredde, at den indvendige side af hjulenes styrekranse berører ledeskinnen, samtidig med at de modsatte hjuls styrekranse lægger an mod den udvendige skinnestreng. Når ledeskinnens kant er slidt, kan den vendes og slides på den modsatte side. Ved indløbet til en strækning med ledeskinne anbringes særlige ledeskinnespidser, således at sporrillen på dette sted bliver tilstrækkelig stor (100 mm) til, at et hjul ikke kan støde mod spidsen. Det anses for tvivlsomt, hvorvidt ledeskinner forøger sikkerheden mod afsporing i kurver.

3. Beskyttelsesskinner. For på større jernbanebroer at forhindre, at afsporede dele af et tog skal påkøre broens dragere og evt. styrte ud over broen, anbringes i reglen <sup>indvendig</sup> i sporet beskyttelsesskinner, se fig. 46 b. Afstanden mellem køreskinnen og den tilsvarende beskyttelsesskinne, sporrillen, gøres så bred - ca. 220 mm - at et afsporet hjul kan løbe i rillen. For at det afsporede hjul, der løber på styrekransen, kan løbe nogenlunde jævnt, så brokonstruktionen ikke bliver udsat for alt for store dynamiske påvirkninger, lægges i reglen i sporrillens bund en dækning af egeplanker. En lignende dækning lægges udenfor køreskinnerne beregnet for det der løbende afsporede hjul. Da det er af betydning for sporets vedligeholdelse, at skinnernes befæstelsesdele ikke dækkes, afbrydes plankedækningen undertiden på disse steder. For at et før broen afsporet køretøj ved broen kan ledes ind på <sup>den</sup> rigtige side af beskyttelseskinnen, er disse ført et stykke udenfor broen og her bøjet indad i sporet, til de mødes i en slank spids.

4. Særlig spor konstruktion til små radier. Se "Moderne jernbanestationer" side 165.



BALLAST.

476  
↓  
Som ballast benyttes skærver, singels og grus. Singels benyttes dog kun som et mellemlag, idet det ikke giver tilstrækkelig fast leje til svellerne.

I udlandet benyttes som regel skærver, fremstillet i egentlige stenbrud. Her i landet forekommer fast fjeld jo som bekendt kun på Bornholm, hvor landets eneste stenbrud findes. I det øvrige Danmark findes imidlertid et antal grus- og stengrave, hvoraf de fleste ligger langs de gamle israndslinier, således ved den østjydske israndslinie, hvor der ved Løsning findes vældige stenlejer. Også stengravene ved Roskilde og Hedehusene ligger ved israndslinier. Andre stenlejer findes i de såkaldte åse, der er gamle tunneldale, hvori der er sket betydelige aflejringer. Den mest bekendte er Mogenstrup ås ved Næstved. Om stenene i Danmark vest for Storebælt kan man sige, at de er betydeligt mere forvitrede, da de har ligget udsat for luftens påvirkning i ca. 200.000 år, end de østdanske sten, der kun har ligget frit i ca. 20.000 år. En tredje stenforekomst er strandvoldene med rullesten, de udnyttes ved Sjællands Odde.

Banerne her i landet må på grund af de forholdsvis ringe stenforekomster mere eller mindre tage, hvad der kan fås. Materialet i stengravene består af granitknolde af forskellige størrelser, hvoraf de, der er over normal singelsstørrelse, altså 6-7 cm, kan slås til skærver. Endvidere forekommer flintknolde, for hvilke det samme gælder. Endelig forekommer krystallinsk kalk samt porøst kalk og forvitrede og "rådne" sten.

Skærver. Med hensyn til kvaliteten af skærveballast stiller D.S.B. følgende krav: størrelsen skal være 30-70 mm, og kun ube-



tydelige mængder må være større eller mindre. <sup>4)</sup> Materialet bør så vidt muligt være granit, men da dette ikke kan skaffes overalt i landet, må man disse steder anvende skærver, der overvejende består af flint. <sup>3)</sup> Kalk må ikke forekomme. Det forlanges, at <sup>4)</sup> kornkurven skal være omtrent retlinet, et krav, der dog som regel altid er nogenlunde opfyldt som følge af den måde, hvorpå skærverne fremstilles i knuseværket. Det forlanges endvidere, at <sup>3)</sup> skærverne skal være omtrent kubiske, idet ballast, der består af sådanne skærver, bedre kiles sammen. Flade og aflange sten bør undgås. Der stilles ingen direkte krav til stenenes styrke. Styrken kan prøves i en slagprøvemaskine, hvor en afvejet mængde materiale ligeligt sammensat af fraktionerne 30-40 mm, 40-50 mm, 50-60 mm, 60-70 mm anbringes i en stålbeholder og udsættes for et antal slag af en faldhammer. Man bestemmer bagefter, hvor meget der findes i prøven mindre end 30 mm, og på grundlag heraf kan iøvrigt på forskellige måder udregnes et styrketal; dette gøres i Sverige, hvor styrketallet har vist sig at blive meget forskelligt ved leverancer fra forskellige stenbrud. Sådanne undersøgelser er også foretaget her i landet for de fleste af vore stengrave, og det har vist sig, at styrketallene efter de foretagne prøver var nogenlunde ens for de stengrave, der leverer materialer til D.S.B.

Man (25) har forsøgt at opstille et kvalitetstal for danske skærver, der netop skulle egne sig for morænematerialer. Prøverne deles i følgende sorteringer (kvaliteter):

- 1) granitskærver
- 2) flintskærver  
(ved skærver forstås her sten, hvoraf mindst halvdelen af overfladen er kløvflade)
- 3) ral af granit eller flint
- 4) krystallinsk kalk
- 5) porøse sten.

Hver af de 5 kvaliteter multipliceres med en værdifaktor, som man har foreslået til 1,0 for granitskærver, 0,6 for flintskærver, 0,4 for ral, 0,3 for krystallinsk kalk og 0 for porøse sten. For skærver har formen også betydning. Man har forsøgt at få et udtryk for denne med i værdifaktoren. Det har vist sig, at skærveformen



giver sig udtryk i antallet af skærver i en bestemt mængde lige-  
 ligt sammensat af fraktionerne 30-40 mm, 40-50 mm og 50-60 mm.  
 Hvis man anvender en samlet mængde på  $6 \frac{3}{4}$  kg af disse skærver,  
 vil antallet N af sten i denne mængde, hvis skærverne er kubiske,  
 være ca. 80, og hvis der er mange flade og aflange, kan tallet  
 stige til ca. 115. Værdifaktoren for sorteringerne 1 og 2 ændres  
 således til  $80:N_{(\text{granit})} \cdot 1$ , og for sortering 2:  $80:N_{(\text{flint})}$   
 $\cdot 0,6$ . Kvalitetstallet beregnes herefter, som angivet i neden-  
 stående skema.

Sortering	Vægtmængde i % = p	Stenantal N	Værdifaktor a	a · p
1	$p_1 = \dots\dots$	$N_{\text{granit}} \dots$	$80/N_{\text{granit}} \dots$	$\dots\dots$
2	$p_2 = \dots\dots$	$N_{\text{flint}} \dots$	$0,6 \cdot 80/N_{\text{flint}} \dots$	$\dots\dots$
3	$p_3 = \dots\dots$		0,4	$\dots\dots$
4	$p_4 = \dots\dots$		0,3	$\dots\dots$
5	$p_5 = \dots\dots$		0,0	$\dots\dots$
Kvalitetstal =				$\dots\dots$

En række foretagne prøver har givet kvalitetstal fra 40  
 til 98.

**Singels.** Singels kan kun anvendes som bakkelsingels, idet strand-  
 singels er for glat til at kunne kiles sammen, men selv bakke-  
 singels må anses for mindre godt som ballast, og det anvendes  
 derfor også som allerede nævnt kun som mellemlag. Man ønsker  
 helst overvejende granitsingels, men det kan sjældent skaffes.  
 Kalksten må kun findes i ringe mængde. D.S.B. forlanger, at der  
 kun må være indtil 5 % kalk i singels.

Forsøg har vist, at ballasten ikke knuses synderligt ved  
togets kørsel over sporet. Knusningen sker ved de understoppin-  
ger, der er nødvendige for at justere sporet, når det har sat  
 sig. Den side 102 viste schweiziske stoppemaskine er derfor sær-

lig fordelagtig, idet ballasten, når denne anvendes, udsættes meget mindre for knusning end ved de tidligere anvendte stophakker.

Grus. Grusballast anvendes nu kun på sidebaner, og flere af disse er endda nu stenballasterede, samt som underballast. I begyndelsen af århundredet lå alle danske baner med grusballast, således at man vil forstå, at det er ret betydelige mængder skærver, der igennem årene er medgået til stenballastering. I vore dage er det altså væsentligst til underballast, at banerne køber grus. Man forlanger, at ballastgrus skal være grovkornet, og at det ikke må være for leret, idet vandafledningen derved bliver dårlig, således at svellerne i regnfulde perioder kommer til at pumpe, og således at sporet om vinteren i større grad udsættes for opfrysninger. Et ringe lerindhold, højst 10 %, kan dog være til gavn for ballasten, idet det letter understopningen ved at virke sammenbindende. Ler forstås her som materiale under 0,2 mm og omfatter altså også det, der sædvanligvis betegnes mo og mjæle.

Fig. 47 viser ballastprofilen for en privatbane og for en enkeltsporet hovedbane ved D.S.B. Ballastlaget gøres så tykt, at det kan fordele svellens tryk over så stort et areal af planum, at dets bæreevne ikke overskrides.

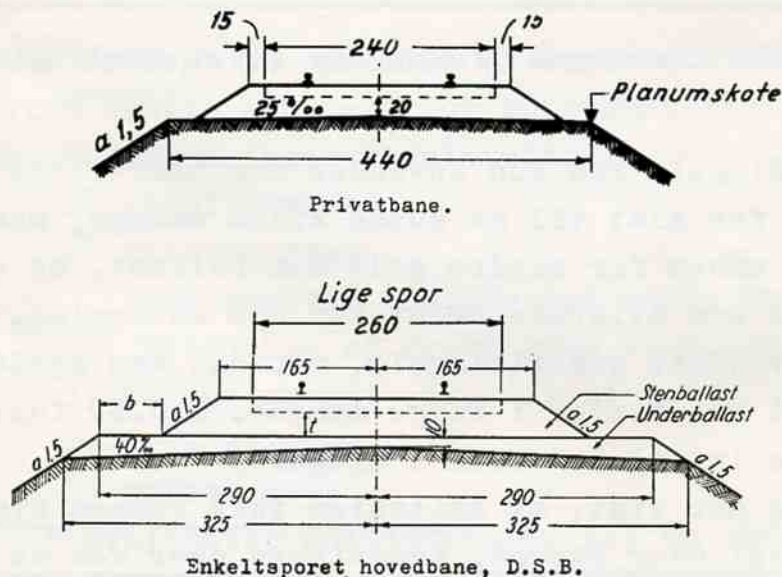


Fig. 47: Ballastprofiler.

G.a  
d



Tykkelsen, der måles som mindste tykkelse under svellen, kan beregnes således i henhold til Verein Mitteleuropäischer Eisenbahnverwaltung's formel (26). (Slg. side 73).

Idet  $G$  er middelakseltrykket for 2 naboaksler med afstand  $d$ , og  $a$  er svelleafstanden, fås det største svelletryk til  $\frac{G}{n}$ , idet  $n = \frac{d}{a}$ . Denne værdi gælder ved hastigheden nul. Trykket  $n$  ved hastigheden  $v$  bestemmes ved multiplikation med  $(1 + \frac{v^2}{30000})$ . Der regnes med, at svellen er understoppet på en længde af 80 cm under hver skinne.

For et lokomotiv med akseltryk 20 t og  $d = 1,5$  m samt med en svelleafstand 0,65 m og en hastighed 140 km/t får man:

$$n = \frac{1,5}{0,65} = 2,3 \text{ og}$$

$$\text{Hjultrykket: } P_v = \frac{1}{2} \cdot \frac{20}{2,3} \cdot 1,65 = 7200 \text{ kg}$$

pr.svelle

Trykket umiddelbart under svellen bliver:

$$P_0 = \frac{7200}{26 \cdot 80} = 3,5 \text{ kg/cm}^2,$$

idet svellebredden  $b$  er 26 cm.

Spørgsmålet om, hvorledes trykket fordeler sig ned gennem ballasten, er ikke løst, men man regner som regel med, at trykket fordeler sig under en vinkel på  $45^\circ$ . I en dybde på  $h$  cm under svellen bliver trykket altså:

$$P = P_0 \cdot \frac{b}{2h + b}$$



og i ovennævnte tilfælde med 30 cm ballasttykkelse:

$$P = 3,5 \cdot \frac{26}{2 \cdot 30 + 26} = 1,06 \text{ kg/cm}^2$$

Tilladeligt tryk på grund af middelbæredygtighed kan sættes til  $1 \text{ kg/cm}^2$ . D.S.B. forlanger for hovedbaner af 1. kl. netop et skærvelag på 30 cm, og derunder et underballastlag af grus på 10 cm; De nederste 20 cm af skærvelaget kan være singels. Privatbanerne nøjes ofte med et gruslag på ca. 20 cm's tykkelse (se fig. 47).

Planums overside gøres tagformet med hældning 25-40 % af hensyn til vandafledningen. Koten til laveste planumskant kaldes planumskoten.

Ballasten har tillige den opgave at sikre sporets faste leje i vandret retning, hvorfor ballasten føres op omkring svellerens side- og endeflader, således at der i svellehøjden bliver en ballastbredde på fra 15 cm (grusballasteret privatbane) til 35 cm (D.S.B.'s hovedbaner) for enden af svellerne.

I kurver gives planum ved privatbaner med et tyndt gruslag een-sidig hældning for at spare på ballasten. Ved hovedbaner har planum også i kurver tagrygform. Ballastlagets minimumstykkelse på 30 cm skal være til stede under den laveste skinne.

78  
↓



## OVERBYGNINGSBEREGNING.

I vore dage er det ikke så meget beregning af nye overbygninger, herunder naturligvis især skinner, som man kommer ud for. Det problem, der foreligger, er for de forskellige eksisterende overbygningstyper (skinnevægt og svelleafstand) at foretage en beregning af, hvilke største akseltryk (for vogne og lokomotiver) og tilsvarende hastigheder der normalt kan tillades på disse. Det kan dog forekomme, at der undtagelsesvis ønskes befordret vogne med akseltryk, der overstiger de for den pågældende strækning fastsatte største tilladte akseltryk, f.eks. en specialvogn læsset med en tung transformator. Ved hjælp af en beregning vil man da kunne finde, om den pågældende vogn vil kunne befordres, uden at den tilladelige spænding i skinnerne overskrides, når hastigheden nedsættes under den for strækningen normalt tilladte.

Som regel er det lokomotiverne, der har de største akseltryk. For et lokomotiv skelner man mellem løbeaksler og drivhjulaksler. Adhæensionsvægten for et lokomotiv er den vægt, der hviler på drivhjulene. Lokomotiverne gives isøvrigt betegnelsen efter akselordningen. Fig. 48 a viser således D.S.B.'s P-maskine, der er et 2 B 1 lokomotiv med største akseltryk 19 tons. P-maskinen, der indførtes i 1905, har forøvrigt stadig D.S.B.'s største lokomotivakseltryk. Fig. 48 b viser E-maskinen, der er et 2 C 1 lokomotiv med største akseltryk på 18 tons. Damplokomotivernes drivhjul er ret store, således at akselafstanden (for P-maskinen 2,1 m) altså er betydeligt større end svelleafstanden ca. 65 cm. Fig. 48 c viser endelig D.S.B.'s nye diesel-lokomotiv, der er et C C lokomotiv med akseltryk 16 tons. Aks-

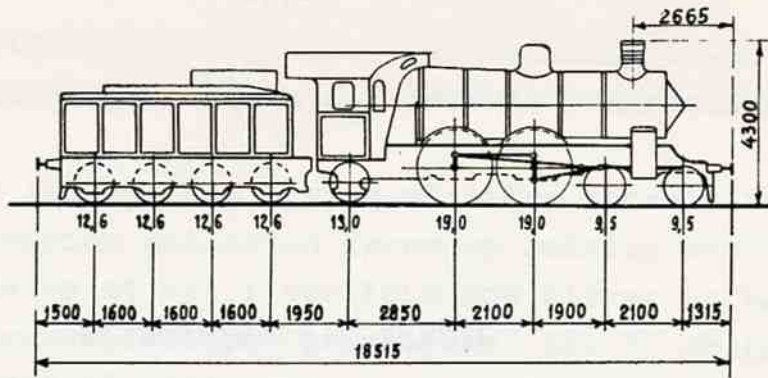


Fig. 48a: P-maskine.

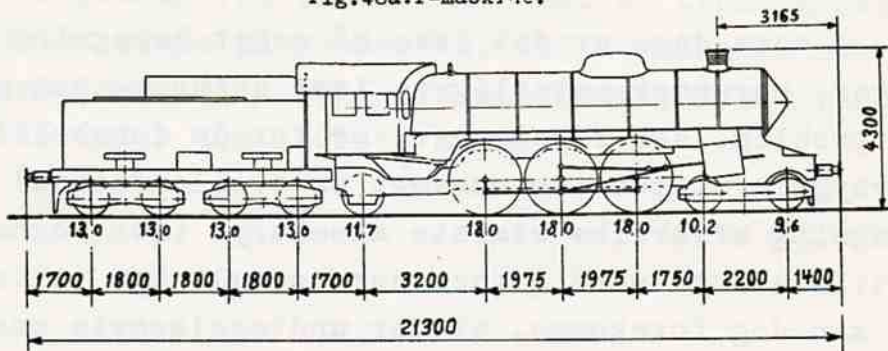


Fig. 48b: E-maskine.

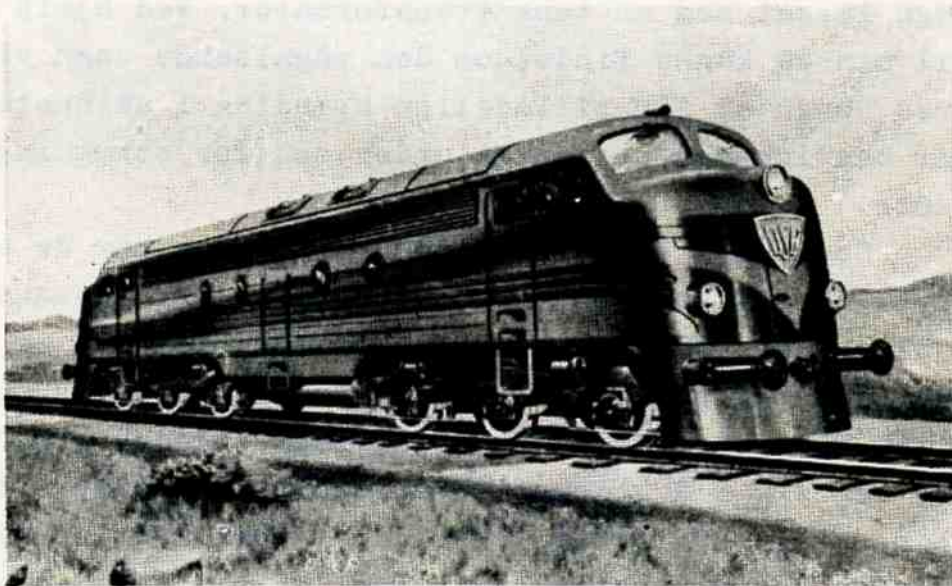


Fig. 48c: D.S.B's nye diesellok.

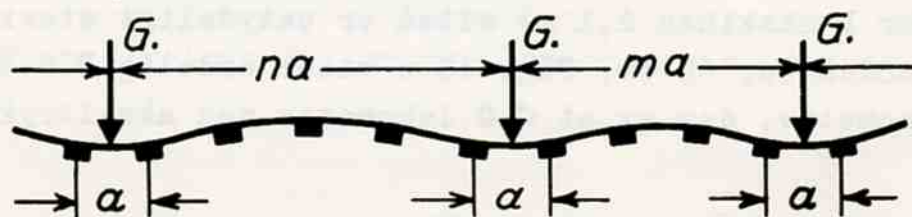


Fig. 49: Akseltrykkenes fordeling ved akselafstandsformlen.



lerne er samlet i 2 bogcier, derfor er betegnelsen C C. Man regner i almindelighed med, at et lokomotiv, der er forsynet med en løbehjulsaksel foran, giver sikrere kørsel på sporet end et lokomotiv med udelukkende drivhjulsaksler.

Akselafstandsformlen. For tiden anvendes af D.S.B. ved overbygningsberegninger den såkaldte Driessen-formel, der i 1930 blev godkendt af Verein Mitteleuropäischer Eisenbahnverwaltung. (27). Det er ikke muligt at udarbejde nogen helt eksakt beregning af et jernbanespor, og den nævnte formel er da også empirisk og er baseret på resultater af ikke mindre end 21.000 spændingsmålinger (udført som længdeændringsmålinger), der i sin tid blev foretaget på tyske og hollandske baner. Spændingen i skinnerne blev målt ved hastigheder på 5 - 45 - 90 km/t. Ved disse målinger viste det sig, at ballasttallet <sup>x)</sup>, herunder altså også ballastens kvalitet, kun havde ringe indflydelse på spændingerne. Målingerne blev i Holland udført på spor i grusballast og i Tyskland på spor i stenballast, og de gav ensartede resultater. Ballasttallet indgår derfor ikke i formelen. Da ballasttallet for undergrunden på en givet banestrækning jo forøvrigt også varierer langs denne, ville det også volde praktiske vanskeligheder at anvende en formel, hvor ballasttallet indgår.

Ved beregningen gås der ud fra, at skinner og sveller er vægtløse. Man regner altså med, at en aksel, der står midt imellem 2 sveller, giver et moment =  $0,25 P \cdot l$ , idet  $l$  = svelleafstanden. Hvis man tænkte sig en akselafstand svarende til svelleafstanden og akslerne stående midt i svellemellemrummene, ville man få et moment svarende til fuldstændig indspænding:  $0,125 Pl$ . På grund af hjulenes størrelse forekommer dette tilfælde imidlertid aldrig. Ved anvendelse af Clapeyrons ligninger kan udledes et udtryk for det første led i moment-formlen under forudsætning af forskellige akselafstande, idet der med  $m$  og  $n$  be-

---

x) Ballasttallet defineres som forholdstallet mellem svellernes fladetryk på ballasten i  $\text{kg/cm}^2$  og svellernes nedsynkning under belastningen målt i cm. Her i landet regnes ballasttallet ved grusballast at ligge omkring 4 og ved stenballast omkring 10.

tegnes forholdet mellem akselafstandene til begge sider for det midterste hjulakseltryk og svelleafstanden (se fig. 49). Formlen bliver da:

$$M = \frac{12 m n - 7 (m+n) + 4}{16 (3 m n - (m+n))} \cdot G a$$

Det vil ses, at for  $m=n = \text{uendelig}$  får man netop  $M = 0,25 Pl$ , og for  $m=n=1$  får man  $M = 0,125 Pl$ . Koefficienten i formelen varierer kun lidt med svelleafstanden. For D.S.B.'s damplokomotiver ligger værdien mellem 0,20-0,23. Svelleafstanden er ved de ældre overbygninger 75-80 cm, men er i de nye svære overbygninger ca. 65 cm. I U.S.A. går man endnu længere ned med svelleafstanden, nemlig til ca. 50 cm, og meget længere kan man heller ikke komme af hensyn til, at der skal være mulighed for understopning af svellerne.

Modstandsmomenterne for de i Danmark anvendte skinner er angivet i nedenstående tabel:

60 kg/m	331 cm <sup>3</sup>
45 "	209 "
37 "	154 "
32 "	123 "
27 "	111 "
24 "	98 "
22 "	70 "

Hastighedens indflydelse. Den ovenfornævnte formel forudsætter, at hastigheden er nul. Med stigende hastigheder stiger spændingen i sporet, og for hastighedsforøgelse til hastigheden  $v$  gælder følgende empiriske udtryk:

$$M_v = M_0 \cdot \left(1 + \frac{v^2}{30000}\right)$$

Efter denne formel bliver hastighedskoefficienten ved forskellige værdier af hastigheder således:

v	$\alpha$
60	1,12
100	1,33
120	1,48
160	1,85



Da der i Danmark fraregnet Bornholm ikke findes smalsporede baner, skal sådanne ikke behandles nærmere. Her skal dog oplyses, at man på New Zealand, der har kapspor, (se side 7) regner med, at der fremkommer den samme påvirkning i et normalspor ved 80 miles/t som i et kapspor ved 60 miles/t, samme akseltryk m.v. forudsat.

De spændinger, der beregnes efter formlen, er man godt klar over ikke er de virkelige spændinger, men når man anvender de nedenfor nævnte tilladelige påvirkninger, får man praktisk anvendelige skinnestørrelser.

Tilladelige spændinger. For stål 37 regner man som bekendt med en tilladelig påvirkning på  $1300 \text{ kg/cm}^2$ ; for skinnestål, der som nævnt side 23 har en trækstyrke på 7000 à 8500  $\text{kg/cm}^2$ , regner man imidlertid med mindre tilladelig spænding, nemlig kun  $1100 \text{ kg/cm}^2$  for lokomotiver. For vogne, hvor påvirkning fra centrifugalkræfter fra de uafbalancerede masser i drivhjul og drivstænger ikke forekommer, regner man med en 15 % større tilladelig påvirkning, nemlig  $1260 \text{ kg/cm}^2$ . Disse spændinger dækker følgende forhold, som der ikke er taget hensyn til i formlen:

1) dynamiske påvirkninger, 2) formindskelse af skinnetsværsnittet ved slid, man regner således med nye skinners modstandsmoment, uanset at sporet muligvis er slidt helt ned til slidgrænsen. 3) varmespændinger i sporet, jfr. side 22, 4) vindtryk 5) sidetryk, der i kurver kan nå op til  $\frac{1}{2}$  gange det lodrette hjultryk.

Akseltrykfortegnelsen. Til bestemmelse af, hvilke lokomotiver der kan tillades på D.S.B.'s forskellige overbygninger, samt med hvilken hastighed lokomotiverne må køre, anvender D.S.B. de ovennævnte formler. Bestemmelsen om, hvilke akseltryk der kan tillades for vogne på samtlige banestrukturer i Danmark, findes i den såkaldte akseltrykfortegnelse, der udgives af D.S.B. De tilladelige akseltryk er for de forskellige anvendte skinnevægte og svelleafstande følgende:

<u>Skinnevægt</u>	<u>Svelleafstand</u>	<u>Akseltryk</u>
kg	cm	tons
45	65	20
37	65	18
37	80	16
32	75	14
27 (privatbane)	75	15,4
22	75	11

Disse akseltryk er fastsat for år tilbage, inden den ovenfor nævnte formel kom frem. Af fig. 50 ses, hvilke hastigheder der efter den nye formel svarer til de gældende akseltryk ved de forskellige overbygningstyper. Der er regnet med, at koefficienten i formelen side 74 er lig 0,22. Man lægger f.eks. mærke til, at man efter den nye formel kan køre med en hastighed på 157 km/t på 45 kg overbygningen. Man vil også se, at privatbanerne tillader forholdsvis større akseltryk og altså regner med noget større tilladelige spændinger end D.S.B. For 22 kg sporet kan man efter fig. 50 ved 11 tons akseltryk kun køre med hastigheden 0 km/t. Det vil altså sige, at der også på de banestrækninger, der ligger med denne overbygning, fremkommer betydeligt større spændinger i skinnerne end i de andre D.S.B. overbygninger. Dette forklarer også, at der pr. km bane med 22 kg spor sker ca. 5 gange så mange skinnebrud som i de andre overbygningstyper, og dette til trods for, at 22 kg banerne kun har ringe trafik.

Angående årsagen til, at man på privatbanerne regner med større spændinger end D.S.B. gør, kan oplyses, at man som regel ikke kommer op på hastigheder over 45 km/t med vogne, der har de store akseltryk. Bestemmelserne om de tilladelige akseltryk på privatbanerne findes iøvrigt i ordensreglementet, i.h.t. hvilket der for hver privatbane af trafikministeren er fastsat et maksimalt hjultryk for damplokomotiver. For vogne tillades et 10 % højere hjultryk end det for lokomotiver gældende.

Metervægt. Den omtalte akseltrykkfortegnelse indeholder også for D.S.B.'s strækninger bestemmelser om største metervægt for vogne.



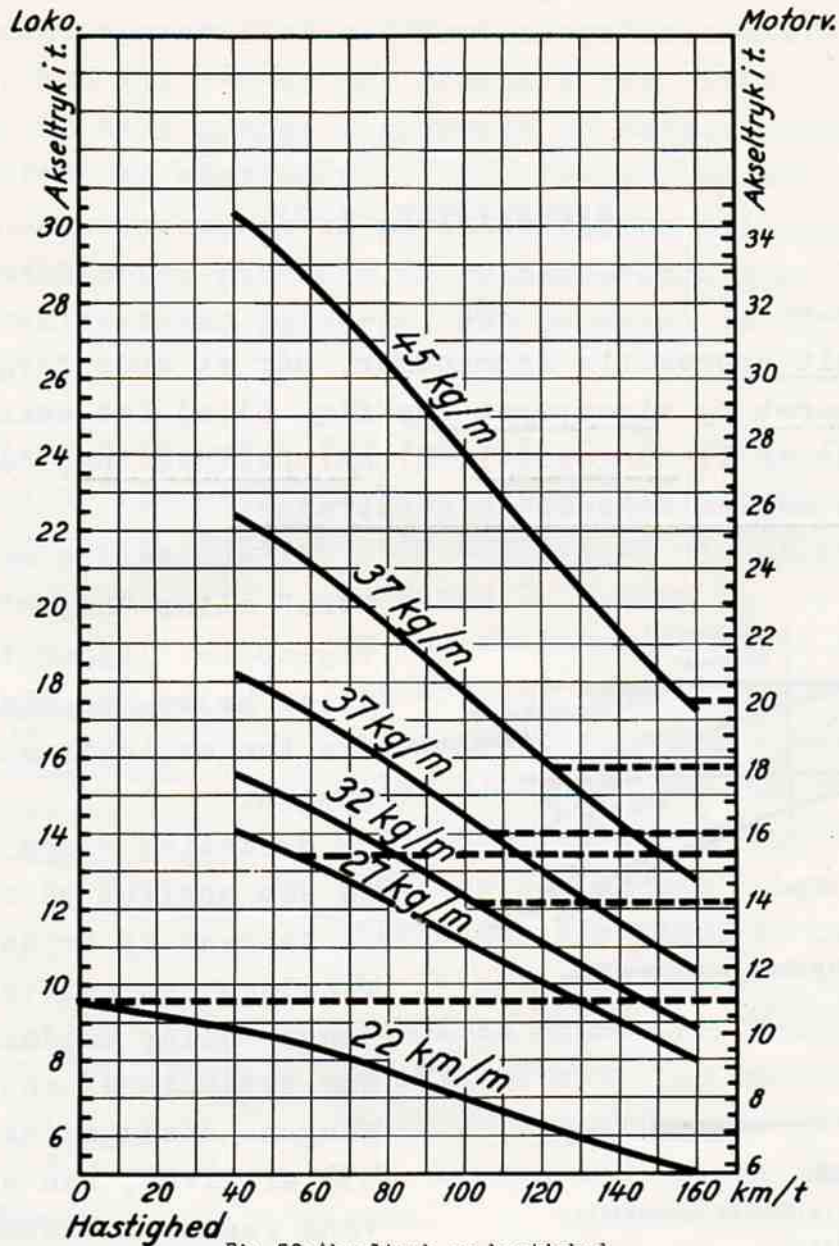


Fig.50:Akseltryk og hastighed.

Denne har imidlertid ikke betydning for sporberegningen, men derimod for de større broer, der evt. findes på strækningen. Det forekommer således, at der på en bane med 22 kg overbygning findes tilladt den største forekommende metervægt, nemlig 6 tons.

Fotoelasticitet. I den seneste tid er man begyndt at foretage undersøgelse af spændingen i jernbaneskiner ved hjælp af fotoelastiske spændingsmålinger.

SPORSKIFTER. (28).

Et enkelt sporskifte fremkommer, når et spor forgrenes i to spor, stamsporet og vigesporet (se fig. 51 a.) Det enkelte sporskifte består af 1) tungeparti, 2) skinnekrydsning, 3) tvangskinner og 4) de mellemliggende skinnestrenger.

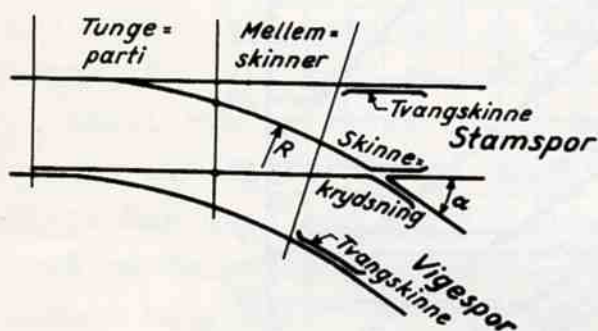


Fig. 51a: Enkelt sporskifte.



Fig. 51b: Enkelt sporskifte, skematisk.

Et sporskifte benævnes "venstre" eller "højre", eftersom vigesporet ligger til venstre eller højre for stamsporet set fra tungespidsene mod krydsningen.

Skematisk vises et sporskifte som angivet på fig. 51 b.

Tangens af krydsningsvinklen  $\alpha$  kaldes sporskiftets krydsnings- eller hældningsforhold. Når krydsningsforholdet  $\alpha$  og tungens anslagsvinkel  $\beta$  (se fig. 53) er givet, kan sporskiftetekurvens radius  $R$  bestemmes. Ønskes en bestemt størrelse af  $R$ , vil krydsningsforholdet, <sup>altså</sup> være bestemt

heraf. Jo større radius er, des længere vil sporskiftet blive. Ved de fleste sporskifter gøres skinnekrydsningen retlinet, idet sporskiftetekurven slutter i et tangentialpunkt ca. 1 m før hjertespiden. I den nyere tid fremstilles imidlertid ofte sporskifter, hvor sporskiftetekurven er ført igennem krydsningspartiet til stødene bag hjertespiden. Herved opnås, at man med samme kurveradius kan opnå et større krydsningsforhold, og som følge deraf et kortere skifte.



De forskellige krydsningsforhold anvendes under hensyn til den hastighed, hvormed sporskiftets vigespor skal kunne befares, f.eks. anvendes sporskifter med krydsningsforhold 1:9 ( $r=190$  m) i vigesporet kun til rangering, medens f.eks. 1:14 ( $r=500$  m) kan passeres med 60 km/t gennem vigesporet og derfor anvendes til indgangssporskifter på stationer. 1:18,5 ( $r=1200$  m) kan befares med 100 km/t gennem vigesporet og anvendes derfor til forgreninger af togveje på stationer, hvor der er gennemkørende tog. Hastigheden, hvormed sporskiftet kan passeres, kan beregnes af formlerne side 9-10.

Tungepartiet er betegnelse for den del af et sporskifte, hvor tungerne, d.v.s. sporskiftets bevægelige dele, findes. Fig. 52 viser et tungeparti. Dette består normalt af sideskinnerne S og

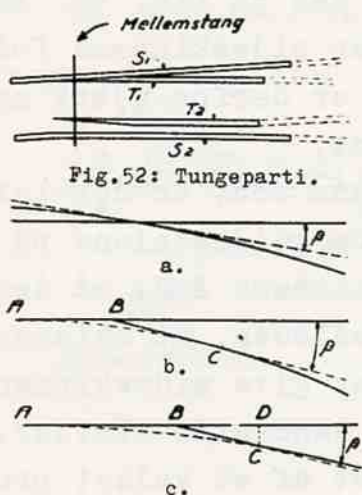


Fig. 52: Tungeparti.

Fig. 53: Anslagsvinkel.

tungerne T. Tungen  $T_2$  i stamsporet er ved retlinet stamspor altid ret. Vigesporets tunge  $T_1$  kan derimod være 1) ret (ved ældre sporskiftetyper) eller 2) krum, idet den da som regel har samme radius som sporskiftekurven. Ved den krumme tunge bliver overgangen fra sideskinnen til tungen jævnere end ved ret tunge. Af praktiske grunde kan den krumme tunge ikke fremstilles således, at den tangerer sideskinnen ved tungespidsen. Tungen kan formes på en af føl-

gende tre måder:

- 1) Den krumme tunge skærer sideskinnen ved tungespidsen under en lille vinkel  $\beta$  - anslagsvinklen, der er af størrelsesordenen  $\frac{1}{2}^\circ$  (se fig. 53 a).
- 2) Sporskiftekurven tangerer sideskinnen i A (fig. 53 b), og det nærmest tungespidsen liggende stykke BC af tungen gøres retlinet tangerende kurven i C.
- 3) Sporskiftekurven tangerer i A (fig. 53 c), men stykket BC gøres kortere end tangenten, således at der i C fremkommer et knæk i



tungens kørekant.

Fig. 53b giver en bedre overgang til tungen end fig. 53 a, men til gengæld bliver tungerne og dermed sporskiftet længere. Fig. 53 c anvendes ved sporskifter med meget store kurveradier (1200 m), idet fig. 53 b i sådanne tilfælde ville give for lille  $\beta$ . Stykket BC indlægges således, at DC<sup>kun</sup> bliver 5 mm. Herved opnås, at de fleste hjulflanger først vil tage på tungen efter C. Tungerne må være så lange, at den fraliggende tunges bagkant ikke kan påkøres af den indvendige side af hjulflangerne. Som følge deraf vokser tungernes længde med kurveradius.

Afstanden imellem sideskinnens kørekant og bagkanten af den åbenstående tunge ud for det sted, hvor mellemstangen er anbragt, betegnes tungeudslaget (se fig. 54), og er ved moderne sporskifter 150-160 mm.

Fuldtunger. Profil af fuldtungeskiner ses på fig. 55. Fuldtungeprofilet er, for at kunne gå ind over sideskinnens fod, lavere end det tilsvarende skinneprofil og er derfor gjort massivt for at give det størst muligt inertimoment.

Da tungen kan gå ind over sideskinnens fod, er det ikke nødvendigt at skæres af denne (fig. 56 a). Da glidestolene på grund af den lavere tunge må gå ind over sideskinnens fod, må den udvendige befæstelse af sideskinnen laves således, at skinnen kan udveksles. Herved bliver det vanskeligt at give sideskinnen tilstrækkelig støtte til at kunne modstå de vandrette kræfter. Ved fuldtungeskiner er glidestolene tildannet af et valset profil og kan nittes eller svejses til en gennemgående langplade (se fig. 57) eller til underlagsplader. Langplader medfører den ulempe, at de pågældende sporskiftedele ikke lader sig krumme til kurvesporskifter, og der bliver større snevanskeligheder, end når langplader ikke anvendes. Som følge heraf konstrueres moderne tungepartier ofte uden langplader.

Skinnetunger. Anvendes skinnetunger, der udføres af almindelige skinner (fig. 56 b), kan glidestolen føres op i sideskinnens udvendige laskekammer og derved give en god støtte. Til gengæld må der hævles af såvel sideskinnens som tungens fod. Ved skinnetunger an-



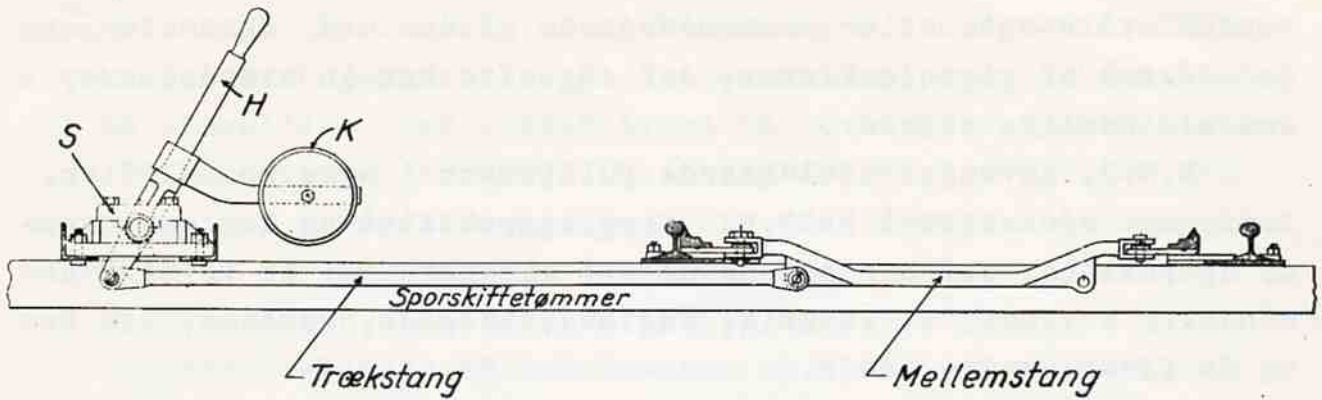


Fig. 54: Sporskifte og trækbuk.



Fig. 55: Fuldtungeskinne.

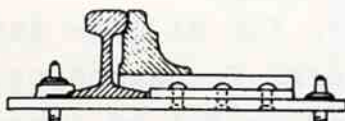


Fig. 56a: Fuldtunge.

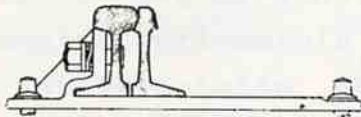


Fig. 56b: Skinnetunge.

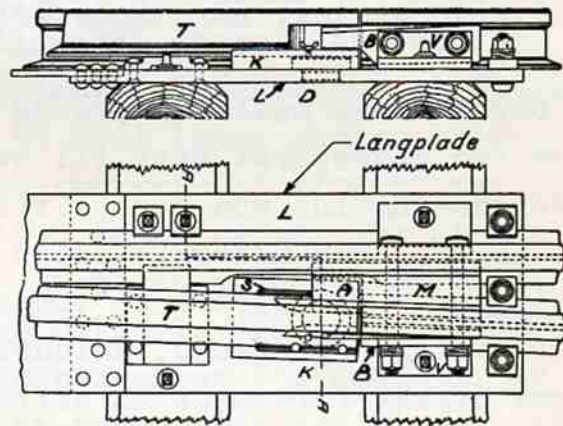


Fig. 57: Tungerodsstød.

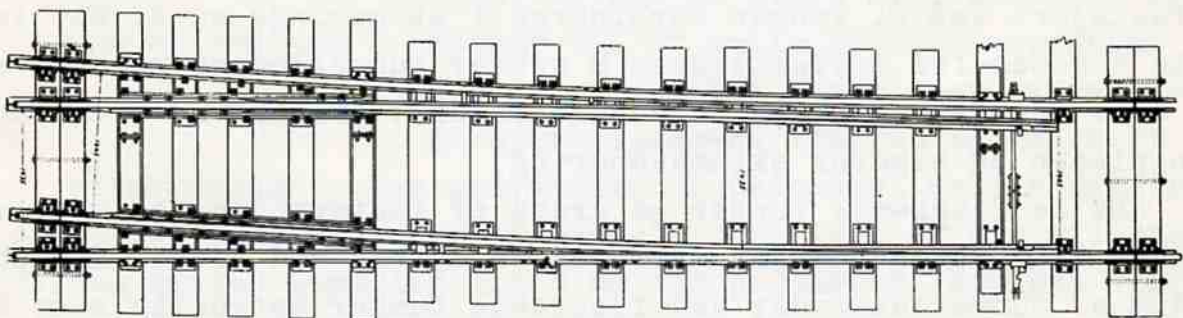


Fig. 58: Moderne Tungeparti 1:9 med fjedrende Tunger i 45 kg Spor. De 9,85 m lange Fuldtunger er ved Tungeroden udsmedet til almindeligt Skinneprofil. Tungerne er fastspændt i Tungeplader, der tillige understøtter Tungerne, hvor disses Bæreevne er mindsket som Følge af Afræsningen for at lette Tungerens Fjedring. Glidestolene er svejsede til Underlagspladerne.

vendes stålstøbte eller sammensvejsede glidestole. Skinnetungerne udføres af vignoleskinner, der dog ofte har en sværere krop end almindelige skinner.

D.S.B. anvender udelukkende fuldtunger i sine sporskifter, fraregnet sporskiftet 1:18,5, færgesporskiftet og det eentungede sporskifte, der har skinnetunger; skinnetunger er iøvrigt almindelig anvendt i Frankrig, England, Belgien, Holland, U.S.A. og de fleste andre lande.

For at støtte de fritliggende tunger anbringes med passende mellemrum tungestøtter, d.v.s. vandrette støtter fastboltet til sideskinnens krop og af en sådan længde, at de støtter tungens krop i sideretning, når denne befinder sig i tilliggende stilling.

Der skelnes mellem højre og venstre tunger, eftersom afvigelsen fra stamsporet sker til højre eller venstre, set fra tungespidsene ind mod sporskiftet.

Tungerne kan udformes enten som fjedrende tunger eller som drejetunger. Ved fjedrende tunger er der for at gøre tungerne tilstrækkeligt fjedrende, umiddelbart foran fastspændingen på et kortere stykke foretaget en affræsning af en del af tungeprofillets fod og krop (se fig. 58). De fjedrende tunger har den fordel, at tungerodsstødet kan udformes som et almindeligt skinnestød, medens stødet ved drejetunger må udføres, således at det muliggør tungens drejning f.eks. som et stød med tungerodstap. (se fig. 57). Tungen T er gennem to svejsesømme S fæstet til en tungerodsklods K. Denne griber ned over og kan dreje sig om en i langpladen L fastgjort tap D. Tungen forhindres i at springe ud af sit leje dels ved den fra mellemklodsen M udover tungeklodsen ragende arm A, dels ved lasken B. De to vandrelasker V griber ved tappe ned i langpladen og hindrer skinnewandring.

Da de fjedrende tunger på grund af fastspænding og udfræsning bliver længere end drejetunger, er de dyrere end disse, men samtidig er tungerodsstødet ved fjedrende tunger betydelig mere holdbart end stødet med tungerodstap.

Trækbuk. Til omstilling af sporskifter, når disse betjenes med hånden, anvendes en trækbuk, se fig. 54, der viser den ved D.S.B.



anvendte type. Den består af en håndstang H anbragt drejelig om en aksel i støbejernsstolen S. Stolen hviler på og er fastboltet til to vinkeljern, der ligger tværs på to stykker sporskiftetømmer. På håndstangen er drejelig anbragt en kontravægtsarm med kontravægt K. I håndstangens nederste ende findes boltehul til anbringelse af trækstangen, der i den anden ende er forbundet med mellemstangen, som atter forbinder de to tunger.

Sporskiftebukken må konstrueres og opstilles således, at den i begge stillinger går fri af fritrumsprofilet, også det for et evt. nabospor.

Skinnekrydsningen eller hjertestykket består af to vingeskinner V og hjertespiden H med mellemliggende sporriller (se fig. 59), hvilke sidste giver plads for hjulenes styrekranse ved disses passage gennem krydsningen. Når et hjul løber gennem krydsningen, vil dette, efter at have passeret knækket K i vingeskinnen (fig. 60) på grund af bandagens konicitet synke nedad. For at undgå

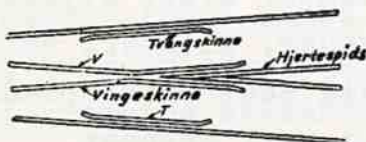


Fig. 59: Skinnekrydsning og tvangskinne.

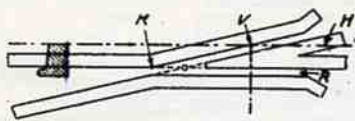


Fig. 60: Skinnekrydsning.

påkørsel af hjertespiden, må denne derfor ligge noget lavere end vingeskinnen. Da hjertespiden er for smal til ude i spidsen at kunne bære hjulet, afskråer man den således, at hjulet først tager på hjertespiden et stykke fra spidsen. Dette må dog ske inden en linie gennem punktet V, hvor hjulet vil slippe vingeskinnen. Da en slidt bandage kan antage cylindrisk form, og man må sikre sig, at denne også kommer til at hvile på hjertespiden, inden den i punktet V forlader vingeskinnen, må hjertespidens afskråning holde op inden linien gennem V.

Den nødvendige højdeforskel mellem vingeskinne og hjertespiden afhænger af hjulets konicitet og sporrillens bredde og sættes i reglen til 8 mm ved jernbaner. Den kan tilvejebringes enten ved at gøre hjertespiden lavere eller vingespiden højere, eller en kombination af begge dele. I første tilfælde vil en nyafdrejet bandage ved passage af krydsningen synke et stykke



nedad, medens den cylindriske slidte bandage vil løbe over uden lodrette bevægelser. I det andet tilfælde vil det omvendte ske.

For at sikre, at et mod hjertespiden kommende hjul løber ind i den rigtige sporrille, er der såvel i stam- som vingespor lige ud for krydsningen anbragt tvangskinner T (fig. 59), hvorved hjulsættet tvinges så meget til siden, at hjulet ved hjertespiden kommer på den rigtige side af denne.

Skinnekrydsninger fremstilles som oftest af skinner, der sammenboltes med mellemliggende støbejernsklodser og fastspændes til en fælles langplade eller på flere underlagsplader. Hjertespiden, der fremstilles af to skinner (hjertespidsskinner) bliver herved usymmetrisk, idet den ene hjertespidsskinne går helt ud i spidsen. Der skelnes derfor mellem højre og venstre krydsninger. Der vælges da altid en sådan krydsning, at den gennemgående hjertespidsskinne kommer til at ligge i det spor, hvor trafikken er størst. Ofte anvendes til fremstilling af krydsningerne særlig slidfaste skinner, f.eks. anvender D.S.B. Robbeltstålskinner til 45 kg skinnekrydsninger. Skinnekrydsninger kan også fremstilles støbte i eet stykke af slidfaste stål, f.eks. Manganstål. Disse krydsninger har foruden den store slidmodstand den meget store fordel, at de kun består af eet stykke gods, således at der ikke findes de mange dele (skruer, klodser, bolte, spændeskruer m.m), som slides stærkt og stadig skal efterspændes. Fig.61 viser en skinnekrydsning 1:9 fremstillet af skinner.

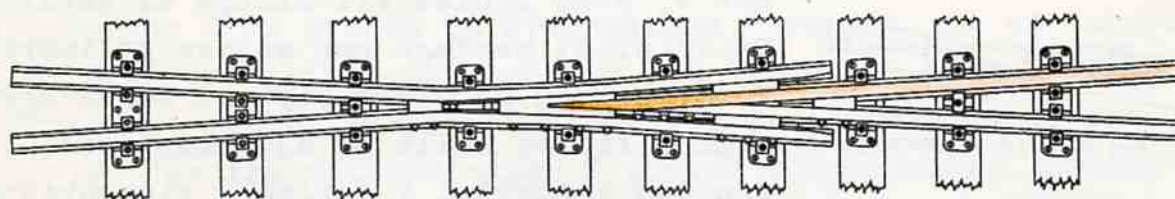


Fig.61:Skinnekrydsning af skinner.

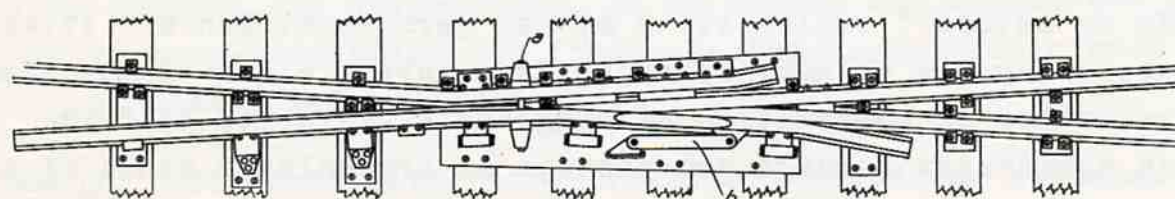


Fig.62:Skinnekrydsning med bevægelig vingeskinne.



I hovedsporet, hvor der kun foregår ringe og langsom kørsel i vigesporøt, benyttes i nogle tilfælde krydsning med bevægelig vingeskinne, se fig. 62. Normalt holdes den bevægelige vingeskinne ved hjælp af kraftige stålfjedre trykket ind mod hjertespidserne, således at der i hovedsporet ikke bliver nogen sporrløse mellem vingeskinne og hjertespidser. Ved kørsel i Vigesporet vil hjulenes flanger skære den bevægelige vingeskinne op, og stålfjedren efter hvert hjuls passage atter trykke vingeskinnen på plads.

Tvangskinner fremstilledes i gamle dage af almindelige skinner, men nu anvendes som oftest særlige tvangskinneprofiler (se fig. 63).

Kurvesporskifter. Ved det enkelte sporskifte er den ene streng ret og den anden, den afvigende, ligger i kurve. I visse tilfælde kan det være fordelagtigt at krumme den rette streng, og man får da et kurvesporskifte.

Ved ældre kurvesporskifter var man på grund af langpladerne nødt til at lade tungepartiet og krydsningen forblive retlinet, så at kun sporskiftets midterparti krummedes. Ved moderne kurvesporskifter bøjes sporskiftet i hele sin længde fra stødene foran tungespiderne til stødene bag krydsningen efter en konstant krumning svarende til hovedkurvens radius.

Kurvesporskifterne inddeles i medkrummede og modkrummede. Ved de første vender stamsporets og vigesporets krumning til samme side, ved de sidste til modsat side. Krummes et sporskifte til modkrummet sporskifte, indtil radierne i stamsporet og vigesporet bliver ens, fås det symmetriske sporskifte.

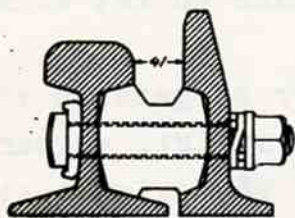


Fig. 63: Tværsnit af tvangskinne.

Som medkrummede sporskifter anvendes D.S.B. 1:11 og 1:14, derimod ikke 1:7,5 og 1:9, idet kurveradius i vigesporet da ville blive mindre end 190 m, der er minimumsradius for spor, der skal befares af togmaskiner.

En sporkrydsning (fig. 64) består af 4 skinnekrydsninger, hvoraf 2 enkelt-



krydsninger E og 2 dobbeltkrydsninger D. Enkeltkrydsningerne er ganske de samme, som anvendes ved det enkelte sporskifte. Dobbeltkrydsningerne ses i større målestok på fig. 65. Ved kørsel igennem denne sporkonstruktion fremkommer et føringsløst stykke y.

Når et hjulsæt ruller i sporet A-A, føres det indtil punkt C af den indtil dette punkt ubrudte kørekant på sædvanlig måde, og selv efter at venstre skinnestreng er blevet afbrudt ved C, kan akslen først forskydes til siden, efter at hjulene er rullet et stykke c forbi C, hvor længden c afhænger af hjulenes størrelse og af styrekransens højde. Men fra da af mangler enhver føring, indtil hjulet H kommer i berøring med hjørnet F af den modstående tvangsskinne. Akslen ligger da endnu stykket c foran punktet F.

På disse steder kan altså et hjulsæt ved et tilfældigt sidestød komme ind på det gale spor og løbe af sporet. Faren herfor er naturligvis desto større, jo længere det stykke er, hvor føringen mangler; dette stykke må derfor gøres så kort som muligt.

Længden af stykket uden føring er desto større, jo fladere krydsningen er. Først ved en krydsningsvinkel på over  $9^{\circ}$  føres hjulene uafbrudt. Men da krydsningsvinklen er  $6^{\circ} 20' 25''$  for hældningen 1:9, er der altså ved denne krydsning et stykke uden føring.

Stykket uden føring kan gøres kortere, ved at tvangsskinneerne gøres højere. De lægges i Danmark ca. 55 mm over skinnetop. Men selv i dette tilfælde har det føringsløse stykke for en hjuldiameter på 80 cm dog endnu en længde på omtrent 280 mm ved krydsninger 1:9.

Bliver krydsningsforholdet mindre end 1:10, bliver det føringsløse stykke i en dobbeltkrydsning imidlertid så langt, at krydsningen bliver driftsfarlig. I så tilfælde bygges krydsningen med bevægelige tunger, som f.eks. D.S.B.'s dobbeltkrydsninger 1:11.

Såfremt de to spor krydser hinanden under en ret vinkel, bliver alle fire krydsninger ens.

Ved sporvejsspor i gader lader man, for at gøre en vogns passage over tværgående skinner så stødfri som muligt, vognene passerer krydsningerne (hjertestykkerne) ved at køre på hjulenes styrekrans (hjulflangen) i stedet for som normalt på hjulbandagen. Dette opnås ved at gøre rilledybderne igennem krydsningen mindre end normalt, samtidigt gør man rillebredderne mindre, hvorved en bedre styring af vognen gennem krydsningen opnås og derved også mindre



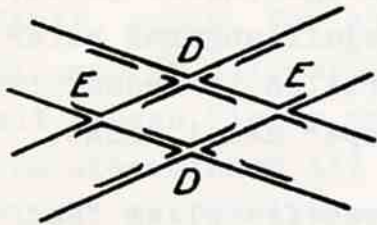


Fig. 64: Spor krydsning.

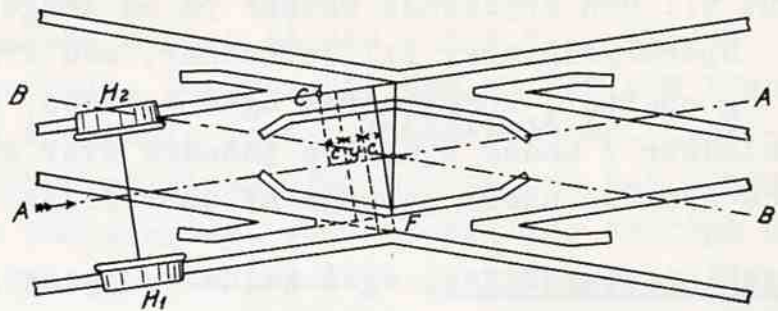


Fig. 65: Dobbelt krydsning.

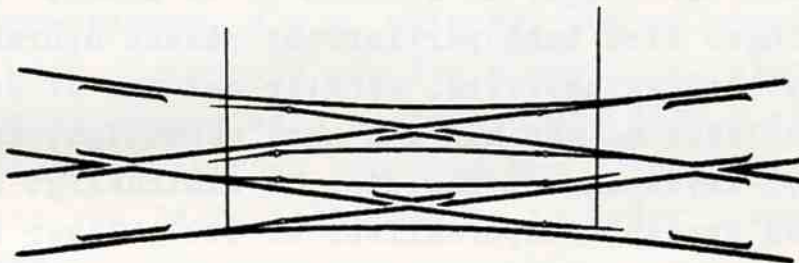


Fig. 66: Krydsningsspor skifte.



Fig. 67: Forsat sporskifte, skematisk.

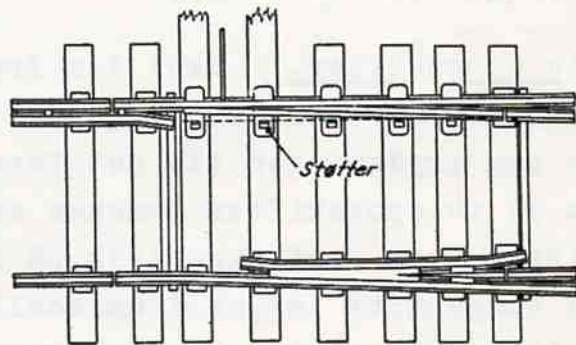


Fig. 68: Entunget sporskifte.



Fig. 69: Slæbespor skifte.

slid, både på skinner og vogne. Overgangen fra normal rille sker ved de såkaldte opløb, hvor rilledybden og rillebredden aftager jævnt til den krydsende skinne på en længde af 1,0 a 1,5 m.

Sporkrydsninger til jernbaner, med krydsningsvinkler på ca.  $50^{\circ}$  og opefter, konstrueres også således, at hjulflangerne kører på klodser / <sup>i sporrillen</sup> under hjulenes passage over sporrillen. I modsat fald vilde hjulene under passage af sporrillen "dumpe" ned i denne.

Krydsningssporskifte, også kaldet engelsk sporskifte eller "Englænder", fremkommer, når man i en sporkrydsning indlægger krumme sporforbindelser mellem de to krydsende spor (se fig. 66). I krydsningssporskifter indgår da foruden de to enkelt- og de to dobbelt-krydsninger fire tungepartier. Et sådant sporskifte kaldes et helt krydsningssporskifte. Mangler den ene af de krumme forbindelser, således at man kun kan køre eensidigt, kaldes sporskiftet et halvt krydsningssporskifte. Et almindeligt anvendt krydsningsforhold ved krydsningssporskifter er 1:9. Bliver krydsningsforholdet mindre, bliver det føringsløse stykke i dobbeltkrydsningen for stort, så der må anvendes dobbeltkrydsninger med bevægelige tunger (se ovenfor).

Forsatte sporskifter. Skal der fra et spor udgå to andre spor, vil det naturlige være at lægge de to sporskifter i række, det bageste bag krydsningen til det første. Tillader pladsen ikke dette, kan de to sporskifter trækkes sammen til de såkaldte forsatte sporskifter, som vist skematisk på fig. 67, hvor det andet sporskiftes tungeparti lægges i umiddelbar tilslutning til det første sporskiftes tungeparti. Der fremkommer da i de forsatte sporskifter tre skinnekrydsninger, nemlig dels de til de to sporskifter svarende normale krydsninger og dels en særlig krydsning, hvor de to sporskifters krumme mellemstreng skærer hinanden.

Et spors forgrening i tre spor kan også ske ved hjælp af et dobbeltsporskifte, hvoraf en særlig form, færge-sporskiftet, anvendes ved tilslutningen til tresporede færgeklapper (se: Moderne jernbanestationer, side 88).



Eentunget sporskifte (se fig. 68). Tungepartiet har kun tunge i den ene side, medens der i den anden side findes en fast spids. Ved kørsel på lige spor virker den åbenstående tunge som tvangsskinne og sikrer, at hjulene kommer på den rette side af den faste spids. For at fastholde tungen, når den virker som tvangsskinne, er glidestolene indvendig forsynet med støtter, hvori- mod tungen ligger an i åben stilling. For at hjulene kan komme fra sideskinnen til den faste spids, er i sporrillen anbragt en klods, hvorpå hjulenes flanger kan køre. Eentunget sporskifte anvendes kun i side- og havnespor.

Slæbesporskiftet har et tungeparti, hvor der i stedet for tunger anvendes slæbeskinner, d.v.s. skinner, som er gjort drejelige om det punkt, hvor vigesporet går fra stamsporet. Slæbeskinnerne kan da ved drejning lægges dels i stamsporet, dels i vigesporet (se fig. 69). Slæbesporskiftet benyttes kun i arbejdsspor, idet afspøringsfaren ved fejlstillet skifte forbyder disses anvendelse ved jernbaner.

MAKSIMALHASTIGHEDENS AFHÆNGIGHED  
AF BANENS UDSTYR m.m.

Maksimalhastigheden på en banestrækning er afhængig af en række forskellige forhold, således som det fremgår af omstående skema. Med hensyn til den absolutte maksimalhastighed for en bane med sædvanlig vignoleskinneoverbygning bemærkes, at man i Tyskland i 30'erne forsøgsvis har kørt 200 km/t både med lyntog og med tog trukket af damplokomotiv. Kruchenbergs propelvogn er endda nået op på 230 km/t i 1930. I almindelighed regner man med, at et svært vignoleskinnespor af stabilitetshensyn tillader en hastighed på indtil 250 km/t. Tog med så stor en hastighed er imidlertid meget vanskelige at indpasse på baner, hvor der også skal køre tog med de nu normale hastigheder. Bl.a. er det ved så store hastigheder nødvendigt, at de fremskudte signaler står i meget betydelig afstand fra hovedsignalet, jfr. pkt. 12 i tabellen. Endvidere kniber det med, under overholdelse af det nuværende konstruktionsprofil, at bygge i hvert fald damplokomotiver så kraftige, at de kan trække tog på f.eks. 500 tons med en hastighed på 250 km/t.

Med hensyn til skemaet skal bemærkes følgende:

- 1) Banernes betegnelse. De anvendte betegnelser for baner er D.S.B.'s. De danske privatbaner har alle maksimalhastigheder på 75 km/t eller derunder, hvilket svarer til D.S.B.'s sidebaner.
- 2) Overbygningens art. Med hensyn til spørgsmålet om, hvor svær overbygning der kræves ved stigende hastighed, er bestemmelserne fra D.S.B.'s Sporregler anført i tabellen. Iøvrigt henvises herom til afsnittet om "Overbygningens beregning" side 71.
- 3) Ballastens art. D.S.B.'s Sporregler forlanger, at baner med maksimalhastighed på 90 km/t og derover skal være stenballasterede.



4) Skinneslid. Man taler om lodret slid og sideslid, således som det ses på fig. 70. Når det lodrette slid overskrider de i spor-

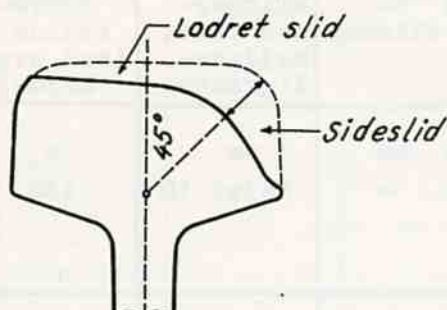


Fig. 70: Skinneslid.

reglerne angivne bestemmelser, må skinnerne udveksles. For sideslid er der en bestemmelse om, at det på baner med hastighed under 100 km/t kan være noget større end på baner med større hastighed.

5). Fejl i skinnernes indbyrdes højdebeliggenhed. Ved store hastigheder må der kun være 5 mm fejl i skinnernes højdebeliggenhed.

6) Kurveforhold. De mindste kurveradier, der svarer til de forskellige hastigheder, kan beregnes af formlerne på side 9-10. Min. radien for havnebaner (hastighed mindre end 15 km/t) er dog fastsat under hensyn til, at de nye 2-akslede godsvogne med stor akselafstand skal kunne passere kurverne, jfr. Moderne jernbanestationer side 165.

7) Broernes bæreevne. For hovedbaner af såvel 1. som 2. kl. skal broernes bæreevne beregnes for D.S.B. belastningstog I med 22 tons lokomotivakseltryk, medens broernes bæreevne på sidebaner beregnes for belastningstog II med 20 tons lokomotivakseltryk.

8) Hegn. Det er praksis, at der på uindhegnede baner ikke må køres med større hastighed end 70 km/t. Banehegn udføres sædvanligvis som et trådhegn af egetræsstolper med 4 hegnstråde af galvaniseret ståltråd.

9) Offentlige overkørsler. I henhold til vejkrydsreglerne kræves det, at der ved nyanlæg etableres fri oversigt eller lyssignaler på alle privatbaner og på D.S.B.'s sidebaner. På bestående banestrækninger har det været praksis at tillade en hastighed på indtil 45 km/t uden lyssignaler eller oversigt. Gennemførelsen af disse forholdsregler har altså tilladt en forøgelse af maksimalhastigheden til 75 km/t. Ved maksimalhastigheder over 75 km/t skal der i henhold til D.S.B.'s politireglement etableres bevogtning med led eller bomme ved alle offentlige overkørsler. Led bevæges ud og ind i et vandret plan, medens bomme bevæges op og

Maks. hastighed	1 Banernes betegnelse	2 Overbygningens art	3 Ballastens art	4 Sideslid 45 60 kg skinner	5 Fejl i skinnernes indb. højdebeliagenhed	6 Mindste kurveradius (med overhøjde)
km/t V<15	Havnebaner o.l.	-	-	mm mm - -	mm højst 10	m 140
16-45	Sidebaner	-	-	- -	do	190
46-75	do	32 kg/m eller sværere (Fra 70 km/t) (Sporregl.)	-	- -	do	300
76-100	2.kl. hovedbaner	37 kg/m eller sværere (Sporregl.)	Stenballast (fra 90 km/t) (Sporregl.)	16 18	do	550
100-120	1.kl. hovedbaner	45 kg/m eller sværere (praksis)	do	12 14	højst 5	800
120-160	do	do	do	12 14	do	1400

Maksimalhastighedens afhængighed



7 Broernes bæreevne	8 Hegn	9 Offentlige overkør- sler	10 Private overkør- sler	11 Sikring af sporskifter, der befares mod tunge- spids	12 Fremskudte signaler
Belast- ningstog II 1939 20 t akseltryk	-	-	-	-	findes ikke
do	-	Oversigt eller lyssignal (Vejkryds- regler) se dog side 91	-	-	do
do	-	do	-	-	do
Belast- ningstog I 1939 22 t akseltryk	Bane- hegn kræves (fra 70) (praksis)	Bevogtning, led eller bomme (P.R. §42)	Led (P.R. §42)	Central- sikring nødvendig	400 m fra hoved- signal
do	do	do	do	do	800 m fra hoved- signal
do	do	do	do	do	ca.1200 m fra hoved- signal

af banens udstyr m.v.

ned i et lodret plan. D.S.B.'s politireglement er udgivet af Ministeriet for offentlige arbejder, og det kan altså ikke rettes af banerne selv uden ministeriets samtykke. Dette i modsætning til f.eks. sporregler og signalreglement, der er udgivet af og kan ændres, af generaldirektoratet.

10) Private overkørsler. Ved hastigheder indtil 75 km/t stilles der ingen krav af nogen art til de private overkørsler. Ved større hastigheder skal private overkørsler også i henhold til bestemmelse i P.R. (politireglementet) være forsynet med led.

11). Sikring af sporskifter, der befares mod tungespidsen. Efter politireglementet skal sådanne sporskifter, når banens maksimalhastighed er over 75 km/t, være centralsikrede, således at signal kun kan gives, når og så længe sporskiftet er stillet rigtigt og fastholdt i denne stilling.

12) Fremskudte signaler. På hovedbaner findes som regel foruden stationens hovedindkørselssignal et fremskudt signal, der anbringes i en vis afstand foran dette for at underrette lokomotivføreren om, i hvilken stilling han kan vente, at hovedsignalet står. Afstanden mellem fremskudt signal og hovedsignal må være større, når maksimalhastigheden forøges, således som det fremgår af tabellen.

Alle de nævnte forhold vedrører selve banen. Det er dog ikke alle tog, der må fremføres med den af banen bestemte maksimalhastighed; der findes herom en række bestemmelser i politireglementet og sikkerhedsreglementet. Eksempelvis kan nævnes, at et lokomotiv, der kører med tenderen forrest, højst må køre 45 km/t, og at et tog, der kører med skydelokomotiv, altså med lokomotivet bagest, højst må køre 25 km/t.



## SPORVEDLIGEHOEDELSE.

### I. Jernbanesporets levetid.

Nye skinner og sveller indlægges som regel først på en hovedbanestrækning. Når sliddet er blevet af en vis størrelse, udveksles sporet, og skinner og sveller flyttes til en sidebane, og de samme spormaterialer kan, når de har ligget der en årrække, tænkes flyttet til et sidespor på en station. Sidste stadium i skinnernes tilværelse er muligvis anvendelse som arbejdsspor eller opskæring i korte stumper til afmærkning af jernbanespor. Tidspunktet, hvor den sidste udskiftning skal ske, bestemmes bl.a. af skinnesliddet, for hvis tilladelige størrelse der er bestemte grænser, jfr. side 91.

Et spors levetid på en hovedbane med fjerntog er ca. 25 år, på en S-bane er levetiden kun knapt det halve. Man sætter også levetiden i relation til antallet af tons, der har kørt over sporet; på strækningen København-Roskilde befordres der årligt ca. 8 mill. t over hvert spor, altså i en levetid på 25 år 200 mill. t. I U.S.A., hvor man som nævnt side 23 anvender skinner med større slidfasthed end i Europa, regner man betydelig større tonmængde, inden sporet er opslidt, nemlig op til 4-600 mill. t. (29)

### II. Målevognskørsel.

For at kontrollere sporenes kvalitet gennemkøres banestrækningerne som regel een eller flere gange om året med en målevogn. Der findes forskellige typer af disse. Den mest moderne er den af de franske baner benyttede (30). Målebordet i denne vogn ses på fig. 71.

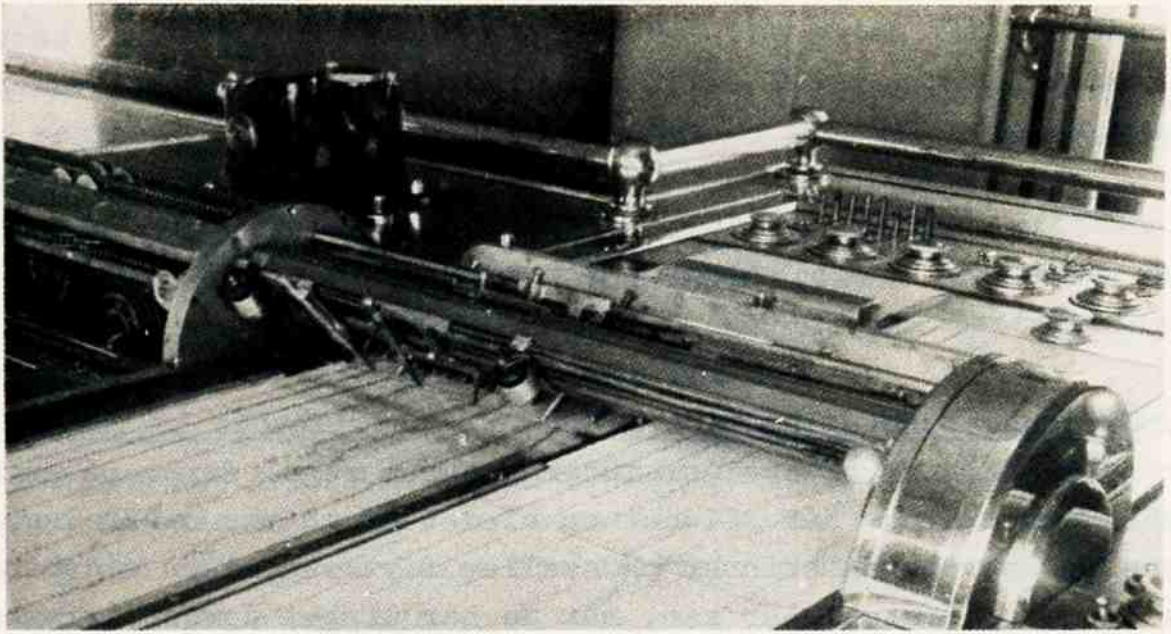


Fig.71:Målebord i målevogn.

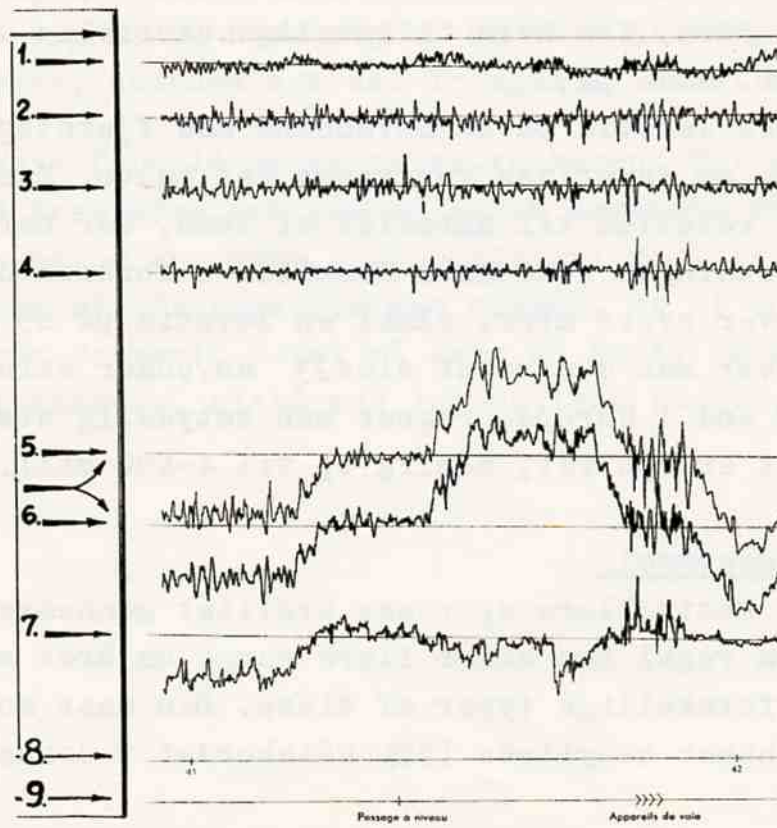


Fig.72:Målediagrammer.



Ved den franske målevogns kørsel over sporet optegnes diagrammer, der viser følgende forhold (se fig. 72).

1. Sporets vindskævhed. Hvis man betragter 4 punkter, som danner et rektangel - 2 på hver skinne med 1 m's afstand - så er vindskævheden den lodrette afstand fra et af punkterne til den plan, der bestemmes af de øvrige 3 punkter.
- 2 og 3. Høje og lave punkter i hver skinnestreng i forhold til en middelhøjde bestemt som gennemsnitshøjden for alle målevognens 8 hjul. Det er særlig nedkørte skinnestød, der viser sig ved denne måling.
4. Ændringer i overhøjden. Denne måles som den virkelige overhøjdes afvigelse **for** den gennemsnitlige overhøjde på en 12 m lang strækning. Den franske målevogn måler altså ikke den virkelige overhøjde i sporet.
- 5 og 6. Pilhøjderne fra hver skinnestreng for sig, d.v.s. den vandrette afstand fra en ca. 11 m lang korde til et punkt på skinnens inderside ved kordens midte. Man måler kurveforholdene for begge skinnestregene, og dette har betydning, idet den udvendige skinnestreng ofte har knæk i "stødene".
7. Sporviddens variationer.
8. Mærker for hver km. Anbringes ved tryk på en knap, hver gang en kilometersten passerer.
9. Niveauskæringer og sporskifter opmærkes med blyant på målestrimlen.

Den franske målevogn kan køre i et almindeligt tog med strækningens største tilladte hastighed. Som regel har man diagrammet fra forrige gennemkørsel liggende ved siden af det nye diagram, (se fig. 71) således, at man kan se, hvilke ændringer, der er sket siden sidst.

### III. Skinnebrud.

Det er et ret betydeligt antal skinnebrud, der årligt fremkommer, således ved **D. S. B.** ialt ca. 400 om året, hvoraf ca. halvdelen (ca. 200) i hovedspor og heraf igen en femtedel (ca. 40) i hovedspor på hovedbaner. Det er meget vigtigt, at sporet daglig inspiceres, således at skinnebrud opdages hur-



tigst muligt, selv om der som regel ikke sker noget ved, at et tog passerer over et netop opstået skinnebrud. De fleste skinnebrud sker iøvrigt i skinnestødene, hvor skinnen er svækket ved hullerne til laskeboltene.

Når et skinnebrud er opdaget, nedsættes kørehastigheden over brudstedet, der er under stadig bevogtning, og brudstedet forsynes snarest med lasker, eller skinnen udveksles.

I Amerika anvender man en særlig detektor til opdagelse af skinnebrud. Apparatet er monteret på en motordrevet jernbanevogn og består af 2 sæt metalbørster, der med en vis indbyrdes afstand føres langs skinnehovedets overside. Gennem børsterne og den mellemliggende del af skinnehovedet føres en elektrisk strøm. Findes ingen fejl i skinnen, tegnes på papirstrimlen en ret linie med hak for hvert skinnestød. Findes fejl i skinne, vil dette ligeledes vise sig ved hak i den rette linie.

#### IV. Riffeldannelse og bølgedannelse (31).

Der synes særlig i de senere år ved de fleste landes baner at være tilbøjelighed til, at skinnernes køreflade slides bølgeformet eller riflet.

Man plejer at skelne mellem:

bølgedannelse med en bølgelængde på 30-60 cm og med en dybde af bølgerne på indtil 3-4 mm, og

riffeldannelse med bølgelængde på 5-10 cm og en dybde på nogle få tiendedele mm.

Begge former for skinneslid medfører et betydeligt slid på det rullende materiel, og riffeldannelse giver endvidere en ubehagelig klirrende støj, når et tog passerer en sådan strækning. Angående årsagen til såvel bølge- som riffeldannelse har der gennem de sidste 50 år været fremsat utallige teorier, men det er ikke lykkedes at opnå enighed om årsagen til eller at angive en metode, der kan afhjælpe disse fænomener, formentlig fordi der er tale om overordentlig komplicerede forhold.

En medvirkende årsag er formentlig, at hjulsæt og spor under kørslen ofte kommer i højfrekvente svingninger. De lange bølgers fremkomst mener man skyldes svingninger mellem 30 og 60 Herz og riffeldannelsen svingninger på 700-1600 Herz. En ting er givet, at



riffeldannelse fortrinsvis optræder på spor på ueftergivende underlag, altså f.eks. ved sporvejsskiner på betonunderlag, og jernbaneskiner i spor med stenballast. Anvendelse af skinner af specialstål nedsætter tilbøjeligheden til bølgedannelse, men den kan ikke helt undgås.

Bølge- og riffeldannelse kan fjernes ved slibning, og man har konstrueret særlige slibevoogne til dette brug, såvel med roterende som med faste slibesten. Det er meget vigtigt, at slibningen påbegyndes, såsnart ujævnhederne viser sig.

### V. Smøring af skinner.

På stærkt trafikerede banestrækninger søger man ofte at nedsætte skinnesliddet - særlig i kurver - ved at smøre skinnerne. Skinnens køreflade kan selvfølgelig ikke smøres af hensyn til adhæsionen. Det er siden af skinnehovedet, der smøres.

Smøringen kan ske på 3 måder:

a. Der kan på lokomotivet være anbragt en beholder, hvorfra smøremidlet føres ned på skinnerne.

b. Smøringen kan foretages fra en smøredræsrine, således som det anvendes på Københavns S-baner.

c. Der kan på skinnerne ved indløbet til kurver være anbragt faste smøreapparater, som afgiver smøremidlet - i reglen konsistensfedt - til hjulflangerne, når de passerer apparatet.

### VI. Kurveregulering.

Selv om kurverne i et jernbanespor oprindeligt har været afsat som nøjagtige cirkelbuer, vil de i tidens løb køres ud, således at der må foretages kurveregulering. Grundlaget for denne skaffer man sig ved at måle pilhøjderne for en række ækvidistante korder a 10 m's længde. Kurvereguleringens princip fremgår af fig. 73. Man ser, at når pilhøjden for punkt 3 forøges med  $d$  til den

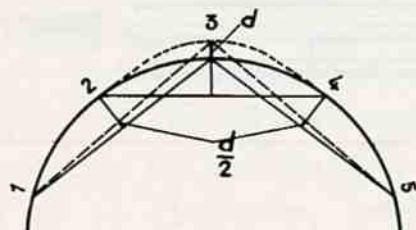


Fig. 73: Kurvereguleringens princip.

ene side, vil pilhøjden for nabopunkterne 2 og 4 formindskes med  $d/2$ . Opmålingen af disse pilhøjder er ret simpel, men såfremt udjævningen skal udføres ved beregning, medfører dette et ret stort regnearbejde. En stor let-



telse for kurvereguleringsarbejdet er anvendelsen af den på fig. 74 viste specialregnemaskine (32), der består af et antal aksler mrkt. 0-25 på fig., og som hver er forsynet med en sort pil og med et tælleværk.

Arbejdet med maskinen foregår således: først stilles alle tællerne på 0, derefter indstilles de enkelte pile på de i marken målte pilhøjder ved betjening af et håndtag i den ene ende af akslen. Ved at dreje på et håndtag i den anden ende af akslen opnår man ikke blot, at pilen bevæges, men også, at nabopilene føres halvt så meget til modsat side. Det er muligt ved drejning af disse håndtag at få pilene indstillet som vist med sort på fig. 74, og man kan da samtidig på tællerne aflæse, hvor meget hver enkelt punkt skal flyttes til den

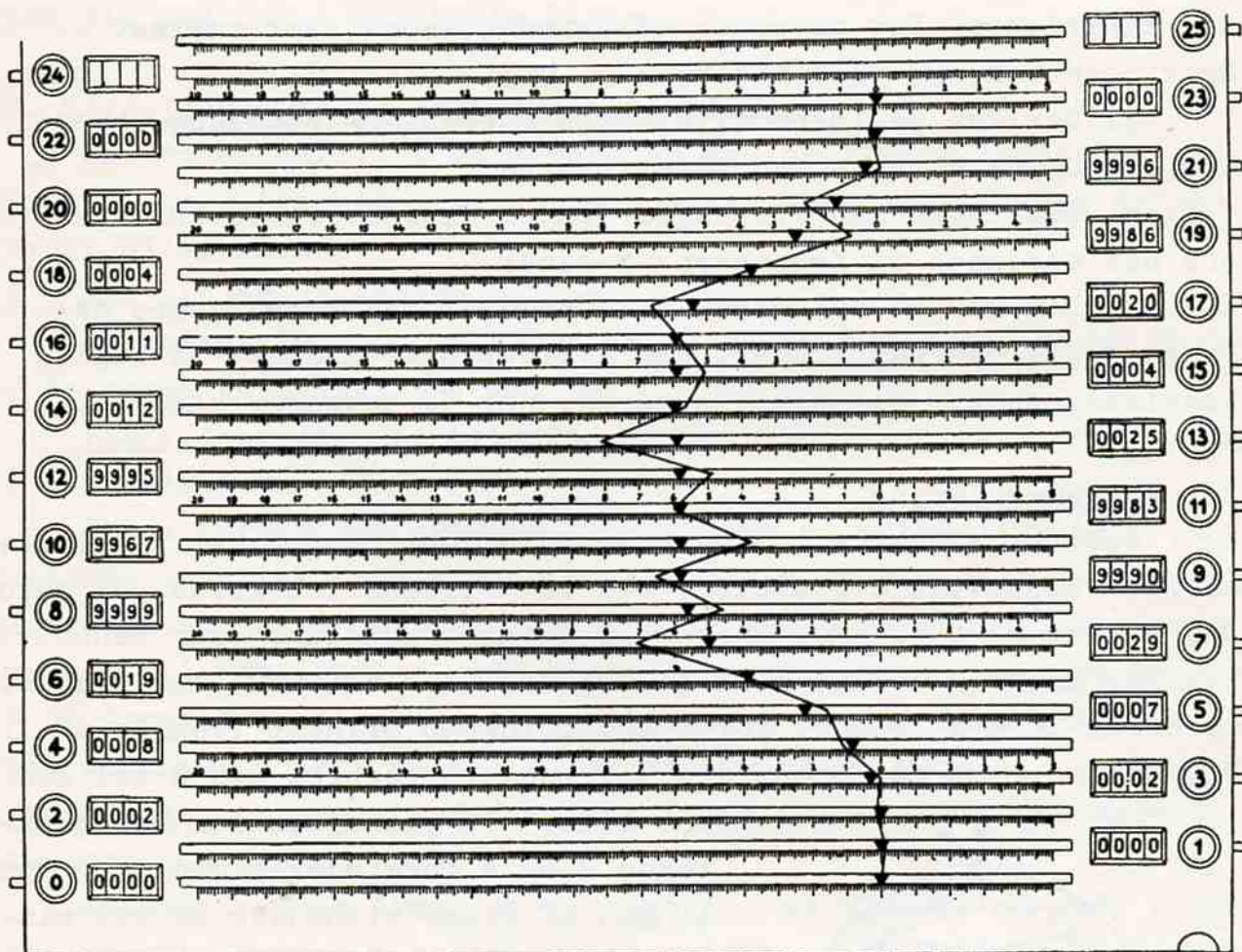


Fig. 74: Kurvereguleringsmaskine.



ene eller den anden side.

### VII. Understopning.

God understopning af et jernbanespor er meget vigtigt for at opnå en behagelig kørsel på sporet. Til understopning kan anvendes stophakker, som vist på fig. 75. Hovedet til en stophakke til anvendelse i grusballast er bredere (110 mm) end for en stophakke til anvendelse i stenballast (70 mm). Understopning med hakke er et strengt og langsommeligt arbejde, og man er derfor allerede for mange år siden gået over til ved større arbejder at anvende pneumatiske hakker af lignende konstruktion, som anvendes til ophugning af beton. Et stoppeaggregat med 8 stophakker er vist på fig. 76.

Anvendelse af både almindelige stophakker og trykluftshakker medfører imidlertid en knusning af ballasten, ligesom der er fare for beskadigelse af svellerne. Et bedre resultat opnås ved anvendelse af den på fig. 77 viste schweiziske stoppemaskine. En eksentrik bringer de 2 stoppeværktøjer i vibration samtidig med, at værktøjerne bevæges ind mod svellen. Når den tilstrækkelige grad af understopningen af ballasten under svellen er nået, udløses stoppeværktøjerne og løftes op, hvorefter maskinen kører til den næste svelle.

### VIII. Surflage. (33) (Underskovling i forbindelse med målinger af sporet).

Ved de foran skildrede metoder til understopning af et jernbanespor ødelægges man det faste ballastleje, som sporet allerede ligger på. Man kan derfor også foretage løftningen ved, at der imellem svellens underside og det for lavt liggende ballastleje anbringes et lag af småskærver.

Fremgangsmåden er følgende:

Først undersøges ved hjælp af en kuglebanker, hvilke sveller der er løse, d.v.s. sveller, der, når sporet er ubelastet, ikke hviler på ballasten, således at der er et hulrum mellem svellen og ballastlaget. En kuglebanker er en støbejernskugle à 10 cm diameter, hvori er indstøbt en ca. 1 m lang jernstok.

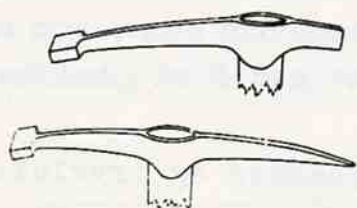


Fig.75:Stophakker.

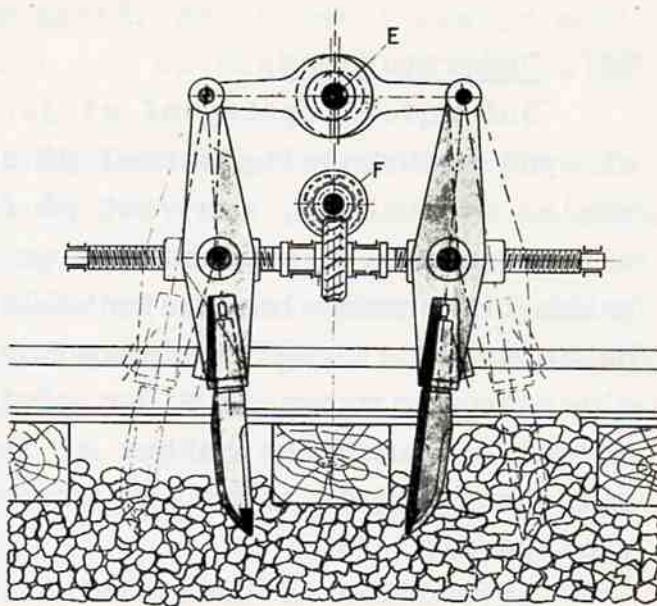


Fig.77:Svejtsisk stoppemaskine.

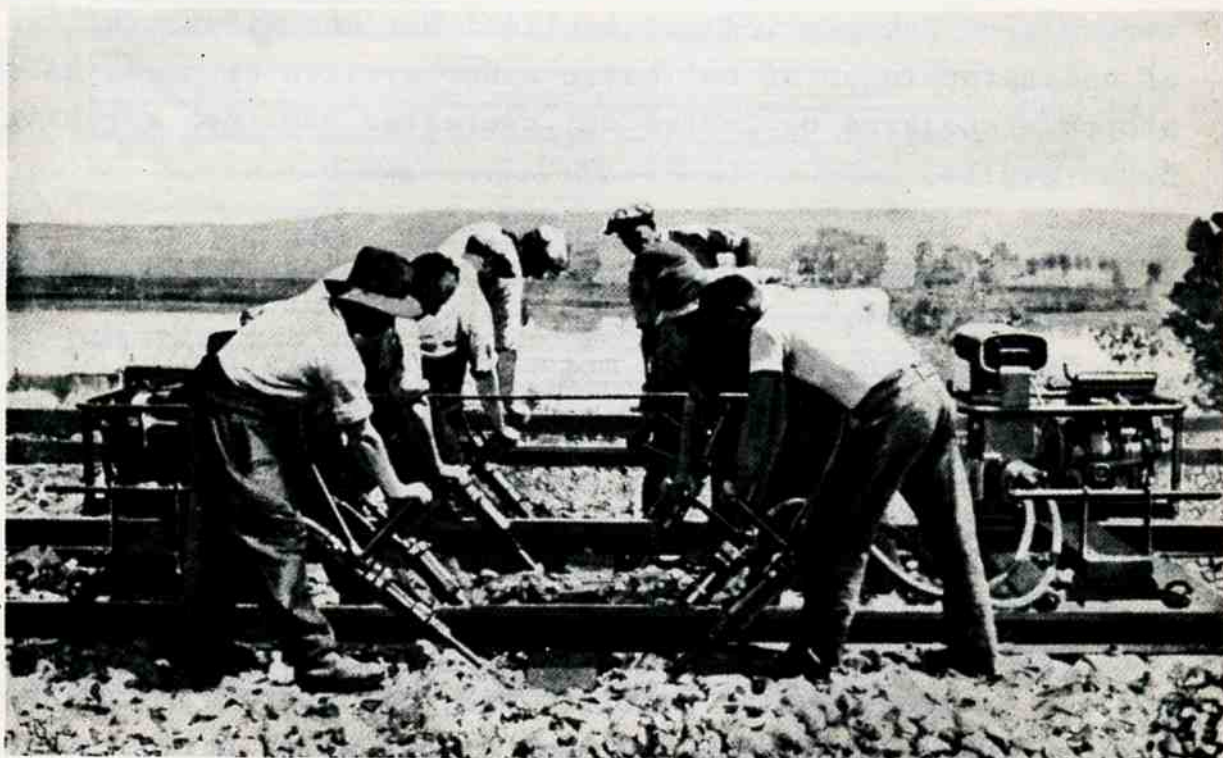


Fig.76:Pneumatisk stoppemaskine.



De hule sveller kan med nogen øvelse kendes på lyden, når kuglebankeren falder ned på disse fra 30-40 cm højde. Efter at have udfundet, hvilke sveller der er løse, skal man bestemme afstanden fra svellens underside til ballastlagets overside. Dette sker ved det på fig. 78 viste fleximeter. Når toget kører over sporet, trykkes pladen C og den dermed forbundne skyder ned. Efter at

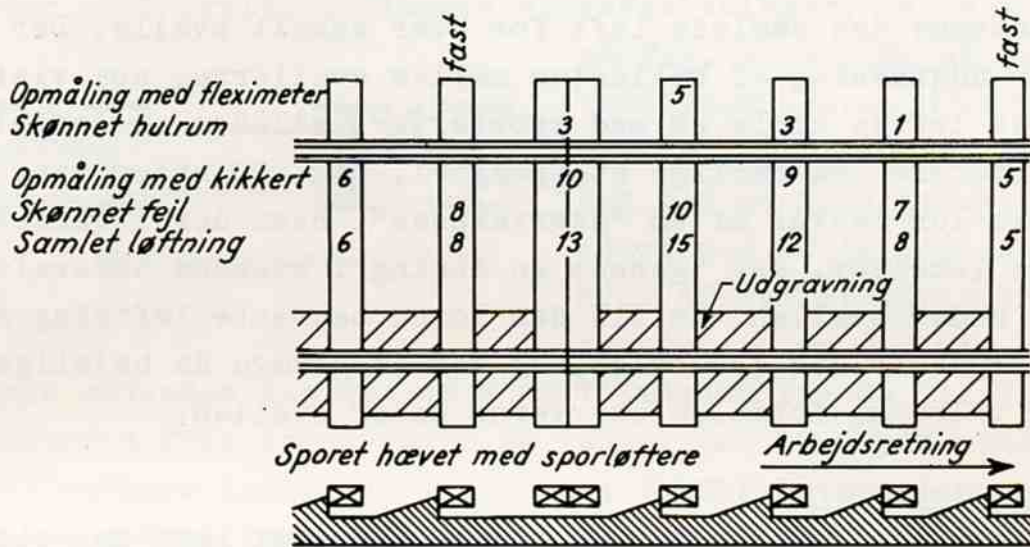


Fig.79:Mærkning af sveller.

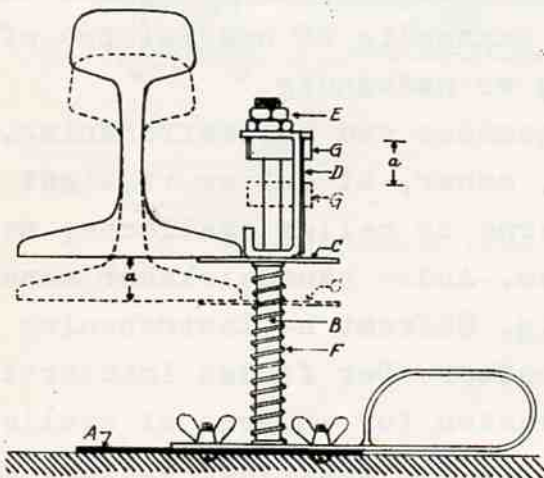


Fig.78:Fleximeter.

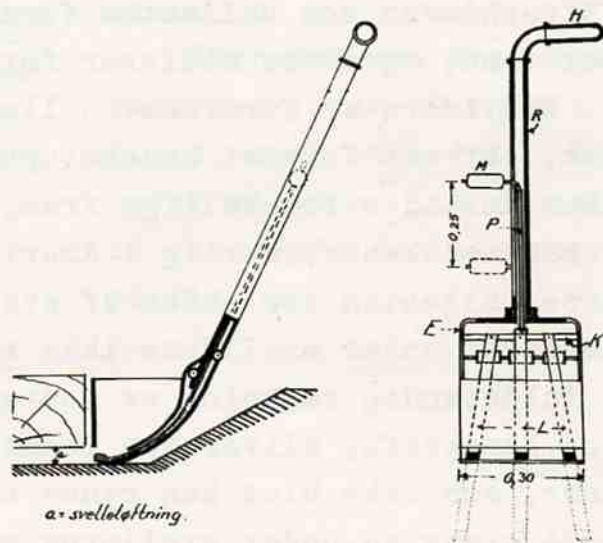


Fig.80:Specialstoppeskovel.

toget er passeret, forbliver skyderen G på plads, og man kan derved måle svellens nedsynkning. Nedsynkningen for hver enkelt svelle, der er målt, skrives på svellen, som vist på fig. 79. Nedsynkningen ved de mellemliggende sveller interpoleres. Muligvis skal der foruden understopning af de løse sveller foretages en samlet løftning af hele sporet, hvilken løftning bestemmes ved nivellement. Disse løftemål opskrives også på svellerne, og man kan derefter ved addition bestemme det samlede løft for hver enkelt svelle. Der foretages derefter udgravning af ballasten mellem svellerne, som vist på fig. 79, og sporet løftes nogle cm med sporløfter, således at der bliver plads til at indføre den særlige stoppeskovl, fig. 80, under hver svelle. Stoppeskovlen består af en "skærvekasse", hvor der i bunden findes 3 bøjelige lameller, der igennem en åbning i kassens underside kan føres ind under svellen. En til den forud bestemte løftning svarende skærvemængde fyldes i skovlen, og ved at bevæge de bøjelige lameller frem og tilbage, fordeles skærverne under svellen.

#### IX. Ballastrensning. (34).

Efterhånden opstår der en tilsmudsning af selv den bedste stenballast. Denne tilsmudsning sker ved spild fra grus- og tørvevogne, ved at støv blæser ind fra tilstødende marker, ved at ler trænger op fra undergrunden og på stationer ved bremsesand og filspåner fra bremsesålerne. Endelig sker der også en forurening ved, at ballasten knuses ved understopning (se side 101).

Efterhånden som ballasten forurenes, bliver den uigennemtrængelig for vand, og dette medfører forøget fare for, at svellerne skal rådne. Endvidere er forurenede ballast vanskelig at understoppe effektivt, såfremt fornyet understopning er nødvendig.

Der anvendes forskellige fremgangsmåder ved ballastrensning. Nogle baneselskaber, særlig i Amerika, mener, at det er rigtigst kun at rense ballasten for enden af svellerne og mellem svellerne, medens ballastlaget under svellerne ikke røres. Andre baneselskaber mener, at en fuldstændig rensning er nødvendig. Såfremt ballastrensning skal ske ved håndkraft, bliver den meget kostbar. Der findes imidlertid maskiner, som ikke blot kan rense ballasten for enderne af svellerne, men også grave ud under svellerne og føre den udgravede ballast gennem sigter, således at forureningen sigtes fra, medens den rene bal-



last føres tilbage i sporet.

En fuldstændig ballastrensning bør formentlig kun foretages i forbindelse med sporombygninger, hvor de nye sveller alligevel får et andet leje end de gamle.

### X. Sporafstivninger.

Ved bygning af broer og udførelsen af andre arbejder under spor, der er i drift, indlægges sporafstivninger, der som vist

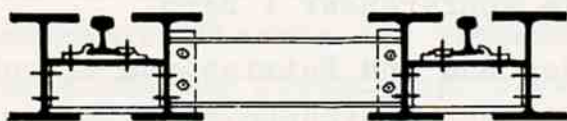


Fig. 81: Sporafstivning.

på fig. 81 består af to stk. tvillingdragere, hver lavet af 2 stk. dip-profiljern, forbundet ved et vindgitter, fastgjort med bolte, således at hver af tvillingdragerne kan transporteres for sig. Sædvanligvis anvendes dip nr. 40 a 45 i længder fra ca. 12 til ca. 20 m, hvorved frie spændvidder på indtil ca. 10 m kan opnås. Sporafstivninger indlægges i sporet i togfri intervaller og understøttes sædvanligvis på pæleåg, der er tilvejebragt under sporet forud for indlægnin-

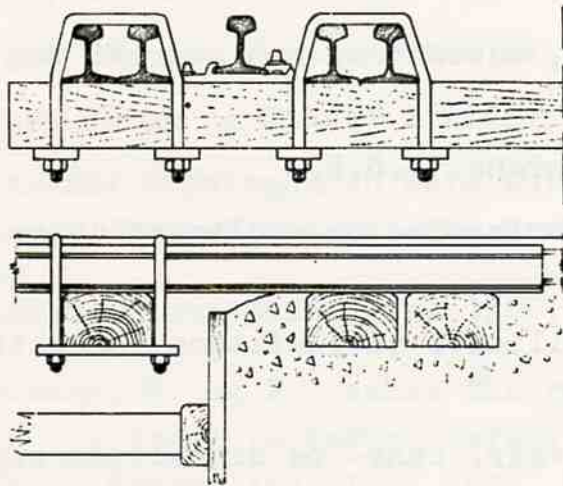


Fig. 82: Skinneafstivning.

gen. Ved mindre spændvidder og ringe trafik på sporet, anvendes undertiden svellestabler i stedet for pæleågene.

Hvor det kun drejer sig om spændvidder på indtil 3 m, f.eks. hvor en ledning føres under et spor, kan anvendes en skinneafstivning som vist på fig. 82.

INTERNATIONALE BESTEMMELSER VEDR. BANETEKNISKE FORHOLD.

Unité technique. Bestemmelser vedr. sporvidde, rullende materiel m.v. fastsættes ved internationale konferencer i Bern.

Technische Vereinbahrungen über den Bau und Betrieb von Eisenbahnen, udarbejdet af Verein mitteleuropäischer Eisenbahnverwaltungen. Ikke trådt i virksomhed efter krigen.

R.I.V. (Reglement internationale des wagons). Overenskomst om personvogne.

R.I.C. (Reglemento Internationale Carossa). Overenskomst om godsvogne.

DANSKE BESTEMMELSER VEDR. BANETEKNISKE FORHOLD.

Politireglement for Statsbanerne, udsendt af ministeriet for offentlige arbejder.

Grænsen for det frie rum over sporene. D.S.B.

Sporregler. 1946. (Regler for anbringelse og vedligeholdelse af overbygningen). D.S.B.

Akseltrykfortegnelse. (Største tilladte akselafstand, akseltryk, metervægt samt læsseprofil).

Ordre O. (Ordre og bestemmelser vedr. bane- og signaltjenesten). D.S.B.

Krydsningsregler. (Regler for udførelse af anlæg m.v. ved krydsning mellem jernbane og vej). Forslag 1950.

Signalreglement af 1944. D.S.B.

Sikkerhedsreglement af 1935. D.S.B.

Ordensreglement for Privatbanerne.



LITTERATURHENVISNINGER

1. K. Leibbrand: Vorlesungen über Eisenbahnwesen II s.19, Zürich 1953.
2. Wilhelm Müller: Eisenbahnanlagen und Fahrdynamik II, Launhardt: Theorie des Trassierens, s. 136, Rintelen: Das Steigungsproblem bei Gebirgsbahnen, Die Bundesbahn 1953, s. 277.
3. Lindner: Die Virtuelle Länge und ihre Anwendung auf Bau und Betrieb der Eisenbahnen.  
Mutzner: Die Virtuellen Längender Eisenbahnen.
4. Børge Hansen: Vejes-, gaders- og jernbaners længdeprofil. Meddelelse nr. 7 fra Den polytekniske Lærestalts laboratorium for vej- og jernbanebygning samt byplanlægning, 1942, s. 58.
5. Organ für die Fortschritte des Eisenbahnwesens, 1920, s. 1.
6. Giese, Blum og Risch: Linienführung.
7. Schramm: Schwingungen beim Durchfahren von Ueberhöhungsrampen. Verkehrstechnische Woche. Aug. 1931, s. 403.
8. Hanker: Eisenbahnoberbau 1952, s. 183.
9. Baumann, H. og F. Jaehn: The relationship between the vehicle and the track to ensure safety at high speeds. Bull. Intern. Railw. Congr. Ass. Dec. 1932, s. 2368.  
Rud. Vogel: Bewertung der Gleisverbindungen S 49 nach dem "Ruck". Organ für die Fortschritte des Eisenbahnwesens, 1936, s. 413.  
Förhållandet mellan största tillåtna hastigheter och radier i kurvor. Nordisk Järnbanetidskrift, 1953, side 164.

10. Schramm: Zulässige Fahrgeschwindigkeiten in Gleisbogen mit Rücksicht auf die Überhöhungs- und Krümmungsverhältnisse. Organ für die Fortschritte des Eisenbahnwesens, 1940, s. 67.
11. Hanker: Eisenbahnoberbau 1952, s. 197.
12. Det frie rum over sporene. Danske Statsbaner 1847-1947, s. 84. Narrow-Gauge Locomotive Design: Railway Gaz. 20. Juli 1951.
13. Micheli Jessen: Hvorledes købes Statsbanernes skinner? Vingehjulet nr. 23, 10/9 1949, s. 237.  
Suenson: Byggematerialer I., s. 193.
14. Hoff: Lærebog i mekanisk teknologi, hefte I, s. 21.
15. Erik Petersen: Overbygning med 60 kg skinner ved D.S.B. "INGENIØREN" 1940, s. B. 157.
16. Fugl-Meyer: Moderne trafikhavnes indretning, s. 44.
17. Erik Petersen: Nye sporkonstruktioner ved D.S.B. "INGENIØREN" 1933, s. 37.  
Leduc: Emploi de longs rails soudés. Bull. de l' A. I du Congres des Chemins de Fer, febr. 1950, s. 113.
18. Schäder: Svetsade Långgråler. Järnvägs-Teknik nr. 6, 1953, s. 160.
19. Glarbo: Træ, s. 142.
20. Erik Petersen: Bøgesveller. "Vingehjulet" nr. 2, 25/10 1949, s. 16.
21. Fogelberg: Slipersproblemet sett ur teknisk-ekonomisk synpunkt. Nordisk Järnbanetidskrift nr. 11 1952, s. 395.  
Erik Petersen: Jernbetonsveller ved D.S.B. "INGENIØREN" 1950, s. 291, samt "INGENIØREN" 1953, side 588.  
J.Persson: Jernbetonsveller. "Vingehjulet" nr. 3 10/11 1949, s. 21.
22. P.H.Bendtsen: Fjederspiger. "INGENIØREN" 1951, s. 850.
23. Schermerhorn: Isolerede skinnestød. "Railway Signaling" 1948, s. 49-51.
24. Wendt: Die Thermit-Schienen-schweissung bei der Deutschen Bundesbahn, Der Eisenbahnbau, okt. 1949  
Pande Rolfsen: Skinnesvejsning ved N.S.B. Tidsskrift for Svejsning og Skæring. aug. 1950.



25. Wagner Smitt: Undersøgelse af stenballast. "Dansk Vejtidskrift", 1948, s. 146.
26. Die Bettung. "Matisa" Zeitschrift, nr. 2 1953, s. 23.
27. Driessen: Die einheitliche Berechnung des Oberbaues im Verein Mitteleuropäischer Eisenbahnverwaltungen. Organ für die Fortschritte des Eisenbahnwesens, 1937, s. 113.  
Gerhard Schramm: Oberbauberechnungen. "Gleistechnik und Bahnbau" nr. 5/6 1942, s. 17.
28. Engqvist: Sporskifter for store hastigheder. "INGENIØREN" 1937, s. VI 205.
29. Les Chemins de Fer aux U.S.A., s. 267 (OEEC rapport).
30. Micheli Jessen: Den schweiziske overbygningsmålevogn. "Vingehjulet" nr. 11 10/3 1950, s. 113.  
Der Matisa Gleismesswagen für die Kontrolle des geometrischen Zustandes des Gleises. "Matisa" Zeitschrift nr. 1 1952, s. 23.
31. Blume: Ursachen und Mittel zur Verhinderung der Riffelbildung auf dem Schienen des U-Bahn-Betriebes der Hamburger Hochbahn. "Verkehr und Technik" 1950, Sonderheft Oberbau, s. 2.  
Blume: Vergleich zwischen den Riffelbildung verschiedener Bahnen. "Verkehr und Technik" 1952, s. 54.
32. Bienfait: The Mechanical-Diagram-Corrector. Bull. Int. Railw. Congr. Ass. 1948, s. 376.
33. Instrukt for udførelse af soufflage (underskovling i forbindelse med målinger i sporet) i 1' distrikt.
34. Protzeller: Ballastrensningens problemer. "Railway Engineering and Maintenance" 1947, januar.

## Sagregister.

- Adhæsionsbaner 1  
" " vægt 71  
"Adskilt" skinnebefæstelse 46-47  
Afrundingskurver 4  
Akselafstandsformlen 73  
Akseltryk 26 - 71  
Akseltrykfortegnelse 75-106  
Amboltvirkning 55  
Anslagsvinkel 78  
A-skinne 28  
A-strækning 1  
Arbejdsspor 8-89-95  
Autogensvejsning 60  
  
Ballast 35-65-90-101  
Ballastprofil 68  
Ballastrensning 104  
Ballasttal 73  
Belastningstog 91  
Bergensbanen 1  
Beskyttelsesskinner 64  
Bilkonkurrencen 8  
Bomme 91  
Bredspor 7  
Bremsefald 2  
Bremseprocent 2  
Broernes bæreevne 91  
Brudforlængelse 23  
Brudstyrke 23  
Brugelige ældre skinner 27  
Bøgesveller 37-47  
Bølgedannelse 98  
  
Centralsikring 94  
"Chain" 9  
Decauvillesrør 8  
Delt svelle 42  
Diamantkrydsning 39  
Dobbeltkrydsning 86  
Dobbeltsporskifte 88  
Dobbeltstålskinner 24-84  
Dobbeltsvellestød 55  
Dow-Mac svelle 42-50  
Drejetunger 82  
Driessenformel 73  
Dynamiske påvirkninger 75  
  
Eentungesporskifte 82-89  
Egesveller 37  
Elastic Rail Spike 50  
Elektrificerede baners fritrumsprofil 20  
"Englænder" 88  
Enkelt krydsning 86  
Enkelt sporskifte 78  
EUROP 17  
  
Falddal 2  
"Fast ladeprofil" 19  
Fjederspiger 50  
Fjedrende tunger 82  
Flåmsbanen 1  
Fleximeter 103  
Forsatte sporskifter 88  
Forsatte stød 56  
Fotoelasticitet 77  
Fremskudte signaler 90-94  
Fritrumsprofil 16-19  
Fuldtunger 80  
Fyrresveller 37



Færgeskiner 29  
Færgesporskifte 82-88  
Føringsløst stykke 86  
  
Gassvejsning 60  
Glide stol 80  
Grusballast 68  
Grænser for det frie rum over  
sporene 19-106

"Hård kørsel" 8  
Havnebaner 91  
Havnespor 25-27-28-52-89  
Hedeslag 31-53  
Hegn 91  
Hjertespiids 78-83  
Hjertestykke 83  
Hjulbandage 5-6  
Hjulflanger 5-27  
Hjulfølge 5  
Hjulsæt 5  
Hovedbaner 1  
Hovedsignal 90  
Hulpløkke 53  
Hærdede skinner 23  
Højfrekvente svingninger 98

Imprægnering 37-38  
Indgangssporskifte 79  
Indpasser 36  
Isolerede stød 58

Jernbanehjul 5-6  
Jernbetonsveller 33-41  
Jernsveller 40

Kanellerede gummiplader 51  
Kapsor 7  
Kilebefæstelse 49

Kileklemme 54  
Klembolt 47  
Klemlade 47  
Knuseværk 66  
Konstruktionsprofil 17  
Kontraskinner 28-63  
Kornkurve 66  
Kranbaneskinne 29  
Kruchenbergs propelvogn 90  
Krydsning med bevægelig vinge-  
skinne 85  
Krydsningsforhold 78  
Krydsningsregler 106  
Krydsningssporskifte 88  
Kuglebanker 101  
Kurvebånd 15  
Kurvemodstand 2  
Kurveradius 1  
Kurveregulering 99  
Kurveskiner 35  
Kurveslid 7  
Kurvesporskifter 85  
Kurvetillæg 20  
Kærneside 38  
Kørekant 5-25

Langplader 80-85  
Langskinnespor 31-45  
Laskebolte 57  
Laskefriktion 32  
Laskekamre 25-57  
Laskeprofil 26  
Lasker 56  
Led 91  
Ledeskinne 63  
Legeret stål 24  
Levetid 37-44-95  
Lokalbaner 8  
Lyntog 6

Lysbuesvejsning 59  
Lyssignaler 91  
Lægningstabel 30  
Læsseprofil 18

Målevognskørsel 95  
Machbethspiger 50  
Maksimalhastighed 90  
Maksimalstigning 1-3  
Medkrummede sporskifter 85  
Metervægt 76  
Modkrummede sporskifter 85  
Modstandsmoment 74  
Modstandssvejsning 60  
Morænemateriale 66  
Mærkesøm 39

"Naturhårde" skinner 23  
Normalskinnelængde 36  
Normalskinner 30  
Normalsporvidde 5-6-7

"Opløb" 88  
Ordensreglement f. privatbaner  
19-76-106

Ordre 0 106  
Ougræes konstruktion 49  
Overbygningsberegning 71  
Overgangskurve 7-13-15  
Overgangsskinner 61  
Overhøjde 9-97  
Overhøjderamper 11  
Overkørsler 91  
Oversigt 91

Perroner 10  
Pilhøjder 97-99

Planumskote 68  
Pløkning af sveller 53  
Politireglement 19-91-94-106  
Privatbaner 25

Quebrachotræ 37

Remiseporte 19  
Revnedannelse 38  
Ribbepladeoverbygning 49  
R.I.C. 17-106  
Riffeldannelse 98  
Rilleskinner 6-26-28  
R.I.V. 17-106  
Roebaner 1-8  
Ryk 12  
Røcklsformel 2

Schweizisk stoppemaskine 67-101  
Sideforskydningsmodstand 34  
Sideskinner 79  
Sideslid 63-75-91  
Signalreglement 106  
Sikkerhedsreglement 106  
Singels 67  
Sinusløb 5  
Skadelig stigning 2  
Skinneafstivning 105  
Skinnebefæstelse 45  
Skinnebrud 23-26-76-97  
Skinnehoved 26  
Skinnehældning 6  
Skinnekrydsning 6-24  
Skinnelængde 30  
Skinner 23  
Skinneslid 91-95  
Skinnespiger 45



Skinnestød 44-55-97  
 Skinnesvejsning 58  
 Skinnetemperatur 30  
 Skinnetermometer 30  
 Skinnetunger 80  
 Skinneudtræk 58  
 Skinnevandring 35-53  
 Skinnevægt 26  
 S-klemme 39  
 Skydelokomotiv 94  
 Skærver 65  
 Slagprøvemaskine 66  
 Slangekurver 11-13  
 Slibevogn 99  
 Slæbesporskifte 89  
 Smalspor 7  
 Smøring af skinner 99  
 Solkurve 31  
 Specialskinner 23  
 Sperryvogn 23  
 Spidsløb 7  
 Spillerumslinie 21  
 Sporafstivninger 105  
 Sporkurver 8  
 Sporløfter 104  
 Sporregler 106  
 Sporrille 19-63  
 Sporskiftebuk 83  
 Sporskiftekydsning 85  
 Sporskifter 78  
 Sporskiftetømmer 39  
 Sporstænger 52  
 Sporudvidelse 7  
 Sporvejsspor 15-25-26-28-49-52-  
 86-99  
 Sporvidde 5-97  
 Sporvognshjul 6  
 Spændering 47  
 Stålsveller 40  
 Stålthermit 59  
 Stabilitetstal 27  
 Stamspor 79  
 Stemlasker 54  
 Stigningsforhold 1  
 Stolskinner 27  
 Stoppeaggregat 101  
 Stophakke 40-68-101  
 Stoppeskovl 104  
 Styrekrans 5  
 Styrketal 66  
 Stødplade 56  
 Stødspillerum 56  
 Stødsveller 55  
 Soufflage 101  
 Svejsning af skinner 58  
 Svelleafstand 74  
 Svellebandage 39  
 Svellefriktion 32  
 Sveller 37  
 Svellestatistik 40  
 Svelleskruehuller 49  
 Svelleskruer 26-46  
 Tabt stigning 2  
 Tandhjulsbaner 1  
 Technische Vereinbahningen 106  
 Temperaturspillerum 30  
 Termilangreb 37  
 Thermitsvejsning 58-62  
 Tilladelige spændinger 75  
 Tipvognsspor 8  
 Tjenestekøreplan 1  
 Topnøgle 47  
 Tovbane 1  
 Transitvogne 17  
 Trækbuk 82  
 Træsveler 37  
 Tungeparti 78

Tungerodsstød 82  
Tungespids 79  
Tungestøtter 82  
Tungeudslag 80  
Tunneller 27  
Tunnelmodstand 2  
Tvangskinne 84

Uafbalanceret sideacceleration 10  
Udklinkninger 57  
Underballast 68  
Underlagsplade 45  
Understopning 67-101  
"Unite Technique" 17-106

Vandreklemmer 45-54  
Varmeutvidelseskoefficient 30  
Vejkrydsregler 91  
Vigespor 78  
Vignoleskinner 24  
Vindskævhed 97  
Vingskinner 83  
Virtuel længde 3

Uetlibergbanen 1

Zwischengussverfahren 59



