

JERNBANERS SPOR PAA FRI BANE

AF

A. R. CHRISTENSEN

PROFESSOR I VEJBYGNINGSFAGENE VED
DEN POLYTEKNISKE LÆREANSTALT I KJØBENHAVN

I KOMMISSION HOS G. E. C. GAD — KJØBENHAVN 1947

625.11

VEJ- OG JERNBANEBYGNING

NORDSJÆLLANDS
JERNBANEKLUB
BIBLIOTEKET

BANEAFDELINGENS
BIBLIOTHEK
BOG GR. 625.11

VEJ- OG JERNBANEBYGNING

GRUNDLAG FOR FORELÆSNINGER PAA
DEN POLYTEKNISKE LÆREANSTALT I KJØBENHAVN

AF

A. R. CHRISTENSEN
PROFESSOR I VEJBYGNINGSFAGENE

1. HÆFTE
JERNBANERS SPOR PAA FRI BANE

2. UDGAVE

TRYKT SOM MANUSKRIFT

I KOMMISSION HOS G. E. C. GAD — KJØBENHAVN 1947

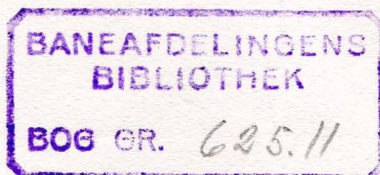
JERNBANERS SPOR PAA FRI BANE

AF

A. R. CHRISTENSEN

PROFESSOR I VEJBYGNINGSFAGENE VED
DEN POLYTEKNISKE LÆREANSTALT I KJØBENHAVN

I KOMMISSION HOS G. E. C. GAD — KJØBENHAVN 1947



INDHOLDSFORTEGNELSE

JERNBANERS SPOR PAA FRI BANE

§	1. Indledning	11
§	2. 1. Sporvidde	20
	2. Sporudvidelse	23
	3. Skinnehældning	27
	4. Jernbanekøretøjers Løb i Sporet	28
§	3. 1. Overhøjde	32
	2. Overgangskurver	37
§	4. Det frie Profil	50
§	5. Overbygningssystemer	56
§	6. Skinnen:	57
	1. Sporets historiske Udvikling	57
	2. Skinnematerialet	58
	3. Modtageprøver	59
	4. Skinnesvejsning	64
	5. Prøvning af Svejsninger	70
	6. Skinnesvejsning paa Broer	72
	7. Skinnetværsnittets Form og Dimensioner	73
	a. Vignoleskinner	73
	b. Stolskinner	86
§	7. Skinnelængden:	88
	1. Indledning	88
	2. Langskinnespor	90
	3. Sporets Modstand mod Længde- og Tværforskydning	98
	4. Sporkastningens Teori	100
	5. Kurveskinner, afkortede Skinner	104
§	8. Skinners Levetid og Midler til dens Forlængelse	104
	1. Skinnebrud	105
	2. Egenspændinger i Jernbaneskinner	109
§	9. Riffeldannelse paa Skinner	112
§	10. Retning, Færdiggørelse og Modtagelse af Skinner	114
§	11. Træsveller:	114
	1. Indledning	114
	2. Træsarter, Fremstilling og Form	115
	3. Svelleafstand	120
	4. Midler til Forøgelse af Svellernes Levetid	121
	a. Imprægnering	121
	b. Modarbejdelse af Svellernes mekaniske Ødelæggelse	124

§ 12. Andre Understøtninger:.....	125
1. Jernsveller	125
2. Jernbetonsveller	128
3. Enkeltunderstøtninger	128
4. Skinner, der hviler direkte i Ballasten	129
§ 13. Skinnernes Befæstelse til Træsveler:	129
1. Vignoleskinnernes Befæstelse til Træsveler	130
a. Underlagsplader	130
b. Befæstelsesmidler	136
1. Skinnespiger	137
2. Svelleskruer	138
3. Fjedrende Skinnespiger	139
4. Svellepropper	140
2. Stolskinnernes Befæstelse til Træsveler	141
§ 14. Skinnestødet:.....	141
1. Stødets Konstruktion.....	143
2. Laskeboltene	156
§ 15. Skinnevandring	158
§ 16. Ballasten:.....	160
1. Materialet	160
2. Undersøgelse af Ballast	164
3. Prøvemethoder	167
4. Ballastens Komprimering	173
§ 17. Tværprofil af Banelegeme og Overbygning	175
§ 18. Sporlægningsarbejder:.....	182
1. Forberedende Arbejde	182
2. Sporlægning	183
3. Sporets Vedligeholdelse	186
4. Ballastens Pasning	189
5. Ombygning af Sporet	192
§ 19. Snefygning og Sneskærme	196
§ 20. Krydsning mellem Jernbaner og Veje	201
§ 21. Indhegning.....	204
§ 22. Afmærkning langs Banelinien	205
§ 23. Overbygningens Beregning:	205
1. Grundlaget for Beregningen	205
2. Ballasttallet	210
3. Svellernes Beregning.....	212
4. Laskernes Beregning.....	215
5. Skinnernes Beregning	216
a. Bøjningslinien for en Drager paa elastiske Understøtninger	216
b. Beregningsmetoder:	218
1. Winklers Metode	218
2. Zimmermanns Metode.....	220
3. Akselafstandsformel	223
4. Længdedragerberegning	226

5. Bemærkninger til Skinnernes Beregning	228
6. Hastighedens Indflydelse	233
7. Tilladelige Spændinger	234
8. Beregning af en Tværsveleoverbygning for vandret Paa- virkning.	234
9. Spændingsmaaling	239
§ 24. Afsætning og Retning af Kurver ved Pilhøjdemaaling:	241
1. Metodens almindelige Grundlag	241
2. Krumningsprofil og Vinkelprofil	243
3. En Cirkelkurves Krumningsprofil og Vinkelprofil	245
4. En Overgangskurves Krumningsprofil og Vinkelprofil Sammensatte Kurver	247
5. Krumningsprofil og Vinkelprofil for Kurver med uregelmæssige og ujævne Krumningsforhold	249
6. Bestemmelse af Afstandene a af Vinkelprofilerne. Sumprofil	252
7. Fortrukke Vinkelprofil	254
8. Den praktiske Udførelse af Pilhøjdemaalingen	257
9. Specielle Opgaver	258
10. Sporets Flytning	258
<hr/>	
Litteraturfortegnelse	259

Jernbaner vil i en overskuelig Aarække vedblive at være det vigtigste Landtransportmiddel baade for Gods og for Personer.

Paa korte Afstande vil Automobiler paa visse Omraader og til en vis Grad kunne konkurrere med Jernbanerne. For Gods gælder dette for letfordærlige Varer og for Varer med høj Værdi i Forhold til Vægten. I og ved Byerne vil Masetransport af Mennesker foregaa med Jernbane (Sporvogn).

I Lande med et højtudviklet Jernbanevæsen vil Jernbanerne kunne konkurrere med Flyvningen.

Sættes Persontogenes Hastighed op til 140—150 km i Timen, vil man, hvis man f. Eks. ser paa, hvorledes Forholdene for Frankrigs Vedkommende vil stille sig, fra Paris paa 4 Timer kunne naa ud til hele Nordfrankrig og mod Syd saa langt som til en Linie Lyon-Bordeaux. En Forretningsmand kan f. Eks. køre fra Paris ved 8 Tiden om Morgen, naa Lyon Kl. 1 efter at have spist Frokost i Spisevognen. Han kan straks gaa i Gang med sine Forretninger, faa dem udført i Løbet af Eftermiddagen, forlade Lyon ved 6 Tiden, spise Middag i Toget og være i Paris ved 10 Tiden om Aftenen.

Skal en parisisk Forretningsmand længere Syd paa f. Eks. til Marseille, tager han Nattoget fra Paris, sover i Sovevogn og kommer til Marseille ved 9 Tiden. Han har saa hele Dagen til sin Raadighed, tager om Aftenen Nattoget og er hjemme i Paris næste Morgen.

Og paa samme Maade ligger Forholdene i hvert Fald i de europæiske Lande med højtudviklet Jernbanevæsen saaledes f. Eks. i Sverige, Danmark, England, Holland, Belgien m. fl. Lande. Fra Kjøbenhavn vil man paa samme Dag kunne naa frem til hele den Del af Jylland, der mod Nord begrænses af en Linie Øst-Vest gennem Aarhus; det øvrige Jylland vil maaske kræve Sovevognskørsel.

For Kjøbenhavns udenlandske Forbindelser vil Forholdene kunne komme til at ligge saaledes, at Stockholm (600 km) vil kunne naas paa ca. 5 Timer, altsaa ved Dagkørsel, Paris (1000 km) London og Schweiz ved enkelt Nats Kørsel.

For Godsets Vedkommende vil Flyvningen nok kunne konkurrere med

Jernbanerne ved Transport af enkelte letfordærlige Varer og af Varer med høj Værdi og lille Vægt. Alt øvrigt Gods vil tilfalde Jernbanerne.

For Lande, hvis Jernbaner ikke er saa højt udviklede, ligger Forholdene anderledes; til Balkan vil Flyvning kunne konkurrere med Jernbanerne ved de Persontransporter, hvor Tiden spiller en Rolle.

For Flyvning til oversøiske Lande ligger Forholdene ogsaa anderledes, men her vil der jo eo ipso ikke være Tale om nogen Konkurrence mellem Jernbaner og Flyvning.

Men skal Jernbanerne konkurrere med Flyvningen, maa de byde den bedste Komfort, det bedste Materiel; Lyntog er maaske ikke den bedste Form; sværere Tog trukket af Lokomotiver byder større Bekvemmeligheder og kører roligere.

Hvor hurtigt man vil køre, bliver et Pengespørgsmaal; store tunge Tog slider paa Sporet, men for det Publikum, hvis Rejser er Forretning, spiller et Tillæg til Billetpriisen ingen Rolle. For Ferierejsende er det derimod maaske ikke fuldt saa væsentligt at spare 1 Time f. Eks. paa Rejsen Kjøbenhavn-Aarhus. Udgifterne til Sporet og dets Vedligeholdelse maa stilles op over for de Indtægter, en vis Kørehastighed kan skabe.

Flyvningen er i Øjeblikket reserveret et meget eksklusivt og velstaaende Publikum, medens det størst mulige Antal Mennesker faar Glæde af de Penge, der ofres paa Jernbanerne, der trods alt er det mest demokratiske Transportmiddel.

Men Forudsætningen for, at Jernbanerne kan klare sig i Konkurrencen er, som det blev sagt ovenfor, Komfort og stor Hastighed. Begge Dele stiller store Krav til Sporets Konstruktion.

Det er Sporet, der skal behandles i denne Bog.

§ 1. INDLEDNING

Jernbanerne har muliggjort *hurtige Massetransporter*. Driften kan foregaa med stor *Nøjagtighed og Sikkerhed*.

Den Kraft, der kræves pr. Passager er for Flyvemaskiner 100—150 HK, for et kraftigt Automobil 20 HK og for et Eksprestogslokomotiv 5 HK.

I de sidste 50 Aar er i Europa Togvægten vokset fra 500 til 2500 ts, Lokomotivernes Ydeevne fra 500 til 3000 HK, Akseltrykket er 20 ts, nogle Steder 22—25 ts. Lokomotiver vejer indtil 150 ts.

Maksimalhastigheden var længe 120 km/T; den synes nu at blive 150 km/T for Damp- og elektriske Tog, 160 km/T for Motorvogne og Lyntog.

I USA¹⁾ anvendes Akseltryk paa 35 ts, Godstog med indtil 15000 ts Vægt, Persontog med indtil 19 Staalvogne à 80 ts. og Lokomotiver, der vejer indtil 500 ts.

Tunge Tog og store Kørehastigheder kræver en stærk, godt vedligeholdt Overbygning og omhyggelig Lægning af Sporet. Kørehastigheder paa indtil 160 km/T kræver i Kurver en Overhøjde af Yderskinnen paa indtil 160 mm, lange Overgangskurver og flade Overhøjderamper. Disse Ændringer af Linieføringen nødvendiggør ofte Udvidelse i Bredden af Banelegeme, Broer o. s. v. At gennemføre disse Ændringer uden for store Forstyrrelser i Driften er ofte en vanskelig Opgave.

Skinnevægten er i Europa paa svært byggede Baner 50—62 kg/m, i Danmark indtil 60 kg/m.

Skinnelængde og Stødkonstruktion er forskellig i forskellige Lande.

Svejsning af Skinnerne i Stødet blev paabegyndt omkring 1930. Det er derved blevet muligt at formindske Antallet af Stød og give dem en konstruktivt simple Udformning. Betydelige Besparelser kan naas ved Vedligeholdelsen af Overbygningen ved Tilsvejsning paa slidte Steder.

¹⁾ I de sidste 10 Aar er Godsvognenes Middellasteevne gaaet op fra 40 til 50 ts. til Kul findes Vogne med 100 ts. Lasteevne. Pennsylvania RRs sidst byggede Damplokomotiv har 6900 HK. Hastigheden kan naa op til 160—200 km/T. Persontog køres mere og mere med Diesellokomotiver, dieselektriske, turboelektriske eller Turbinlokomotiver, Godstog anvender stadig Damplokomotiver. Naar Elektrifikationen ikke er videre udført, er Grunden, den, at Kul og især Dieselolie er billig. Le Gême Civil 1946 Nr. 8 S. 94.

Sammensvejsning foretages ofte ved gamle brugbare Spor, thi de mest anvendte Skinnelængder paa 30—60 m kan vales i eet Stykke og ogsaa transporteres til Anbringelsesstedet. Usikkerheden overfor Udvidelsen af lange sammensvejsede Skinnestykker er saa vidt klarlagt, som de Spillerum, der skal anvendes ikke behøver at være saa store som tidligere antaget.

Tværsveller af Træ synes bedst egnede til store Hastigheder. Stort Antal Sveller forstærker Sporet, saa det bedre bærer den tunge Belastning og modstaar de lodrette og vandrette Kræfter, der skyldes den store Hastighed.

Sporet skal ligge nøjagtig i Højde, Retning og Afstand mellem Skinnerne. Skinnernes Befæstelse til Svellerne skal derfor holdes i fuldstændig Orden. Underlagsplader bruges i stor Udstrækning.

Sporets plane Figur og Højdeforhold skal passe til de Hastigheder, der anvendes; især skal Kurver nøje overvaages.

Stor Tykkelse af Ballastlaget fordeler Belastningen paa Sporet. Ballasten skal have en passende Kornstørrelse, være homogen og gennemtrængelig for Vand, Skærvestørrelsen ikke over 6 à 7 cm. Planum skal være passende afvandet.

Jernbanerne har medført en overordentlig Stigning af Rejsehastigheden, og den høje Hastighed kan gennemføres over meget store Afstande. En Følge af denne Udvikling har været, at Togene medfører Sovevogne og Spisevogne, hvilket i Forbindelse med større Vognvægt og Hastighed kræver forøget Trækkraft og dermed stadig tungere Lokomotiver. Denne større Vægt i Forbindelse med de stigende dynamiske Indflydelser har nødvendiggjort en større Masse af Overbygningen med større Skinnevægt, kraftigere Sveller og Ballast. Derfor er Skinnevægten kommet op paa 60 kg/m eller mere. Samtidig kræver de store Hastigheder bedre og dyrere Sikringsmidler og Ombygning af Niveauskæringer med Veje til Skæringer ude af Niveau. Alt dette bidrager til at forøge Anlægskapitalen og Driftsudgifterne. I andre Retninger vil den større Hastighed føre visse Besparelser med sig. En anden Side af Udviklingen er den, at man nu fremstiller Personvogne af svejsede Plader, hvorved man har opnaaet mindre Vægt og ganske væsentlig større Styrke og Modstandsevne med deraf følgende større Sikkerhed ved Ulykker.

Det sidste Trin i Udviklingen er Motorvognstog, hvor for det første Togvægten (Akseltrykkene) reduceres, ved at der anvendes Letmetaller og svejste Konstruktioner, og dernæst de dynamiske Indflydelser formindskes ved elektrisk Overføring af Drivkraften, som skaffes ved Forbrændingsmotorer, hvis man da ikke har elektrisk Drift med Luftledning som f. Eks. i Italien. Samtidig formindskes Luftmodstanden, ved at Toget sammenbygges til et

saa vidt muligt Hele, og ved at man giver det Strømlinieform. Paa denne Maade har man naaet Toghastigheder fra 120 km op til 180 km, og disse Tog udstyres, saa de kan gaa over store Afstande. En Forudsætning for disse Hastigheder er, at man har tilstrækkelig gode Kurve- og Stigningsforhold og et Spor med den nødvendige Skinnevægt og Masse. Der er ingen Tvivl om, at Hastighederne vil kunne blive yderligere øget til 200 km/T eller mere.

Godstogenes Hastighed er sjældent større end 60 km/T (for letfordærlige Varer 80—85 km/T); det vil være økonomisk rigtigere at modernisere Rangerbanegaardene.

Personvogne ældre end 30—40 Aar bør udrangeres, lette Motorvogne besørge den lokale Trafik, Lyntog Trafiken i Omegnen af de store Byer og i tæt befolkede Distrikter, Damp- og elektriske Tog Transport af Rejsende og Gods over større Afstande.

I USA køres mellem New York og Chicago (1452,1 km) med en Middelhastighed paa 87,9 km/T; de 226,7 km nærmest Chicago dog med en Middelhastighed paa 118,3 km. I Europa kørte man i 1934 Paris—Liège (367 km) med en Middelhastighed paa 95 km/T.

I Danmark er i den almindelige Bevidsthed Dampdog med Urette traadt noget tilbage som Hurtigdog. Ogsaa med Urette fordi Dampdogenes Præstationsevne som Regel er langt større end Lyntogenes. Damplokomotivet er i Stand til at præstere Hurtigkørsel med tunge, særligt bekvemme Dog med Rejsehastigheder, der svarer til Lyntogenes, men som i Pladsantal, Dogvægt og Bekvemmelighed overgaar dem.

Den største Hastighed, man kan anvende, afhænger af

1. Liniens Tracé og især mindste Kurveradius
2. Bremsning og Bremselængde i Forhold til Signalsystemet
3. Trækkraften.

Liniens Tracé. Man kan forøge Hastigheden i en Kurve ved at løfte ydre Skinne. Sporets Hældning maa ikke blive saa stor, at Akslen, naar Vognen staar stille, glider paa Skinnen vinkelret paa Sporet som Følge af Tyngdekraften, indtil indre Styrekrans naar indre Skinne. Ved Forsøg er fundet, at Tværglidning fremkommer for en Hældning = 12° med vandret Plan, hvilket svarer til en Overhøjde paa 300 mm. I Praksis kan man dog ikke gaa over 150—160 mm.

Til en Overhøjde $h = 150$ mm svarer en Sidehældning af Sporet $h:e = 150:1500 = 1:10$. Er Centrifugalkraften $1/10$ af Vægten, ophæves den helt

af denne Overhøjde. Af Ligningen for Centrifugalaccelerationen $v^2:R = g:10 = \text{ca } 1\text{m/Sek}^2$ (man regner, at de Rejsende kan taale en Centrifugalacceleration paa 1m/Sek^2) faas den mulige Hastighed

$$v = \sqrt{R} \text{ m/Sek eller } V = C \cdot \sqrt{R} = 3,6 \sqrt{R} \text{ km/T.}$$

der altsaa kun afhænger af Sidehældningen og ikke af Sporvidden. Ligningen angiver, med hvilke Hastigheder og Radier Centrifugalkraften og den ved Sporets Sidehældning 1:10 bestemte Sidekraft er i Ligevægt. Over dette Maal gaar man, naar man, f. Eks. for Motorvogne (Lyntog) tillader $C = 4,5$ og for andre Tog $C = 4,25$. Centrifugalkraften ophæves da ikke mere helt men kun indtil 80—85 %. Maaske vil man med særlige Vognkonstruktioner kunne naa op til $C = 7$. Med en største Hastighed $V = 250 \text{ km/T}$ kan man med $C = 4,5$ køre i en Kurve med Radius paa 3100 m, med $C = 7$ paa 1300 m.

Bremning. Paa Jernbaner volder de største Hastigheder i mindre Grad køretekniske end bremsetekniske Vanskeligheder, fordi den lille Friktion mellem Hjul og Skinne betinger en lang Bremsevej.

Bremsevejen er bundet til Afstanden fra Forsignal til Hovedsignal, hvoraf igen Blokafstand og dermed Togafstand afhænger. Ved pludseligt optrædende Hindringer forhøjes Faren for Uheld ved lange Bremseveje.

Efter Forsøg udført i Italien er fundet, at Retardationen ikke maa være over 1,4 eller 1,5 m/Sek.^2 for ikke at blive ubehagelig for de Rejsende. Med moderne Bremsere faar man en Bremselængde

$$L = \frac{V^2}{2g - (f_0 - s)}$$

hvor f_0 er Friktionskoefficienten og s i mm Liniens Stigning. Denne Formel giver paa vandret Bane for en Hastighed 180 km/T (50 m/Sek) en Bremselængde paa 900 m.

Der maa lægges 150 m til det fundne Tal, da der medgaar nogen Tid til at opdage Stopsignalet og sætte Bremserne i Virksomhed. Den samlede Bremselængde paa vandret Bane er da 1050 m. For Hastigheder over 180 km/T bør man anvende elektromagnetiske Skinnebremsere.

En Bremsevej paa 900 m fra en Hastighed paa 150 km/T giver, med den nuværende Forsignalf afstand paa Hovedbaner 1000 m, sikker Standsning foran Hovedsignalet. Vil man køre med endnu større Hastighed, maa For-

signalafstanden gøres større. Saa vidt det kan ses af foretagne Forsøg, maa man ved Kørehastighed paa 200 km/T regne med en Forsignalafstand paa 1700 m.

Jernbanetogenes store Hastighed gør det nødvendigt, at man udnytter Bremsmulighederne til det yderste, og i første Linie Friktionen mellem Hjul og Skinne. Det er for Bremsningen afgørende, at de paa Hjulene af Bremseklodserne udøvede Hemninger ikke fører til en for tidlig Fastbremsning af Hjulene, mens Vognene endnu løber, da den af en fastbremset Aksel fremkaldte Retardation er betydelig mindre end den Retardation, der kan naas ved Udnyttelse af det rullende Hjuls Friktion.

Forsøg og Erfaringer viser, at der af sikkerhedsmæssige Grunde ikke kan regnes med en større Friktionsværdi end $\mu = 0,15$:

Den maksimale Retardation

$$p = 9,81 \mu$$

vil for en Friktionskoefficient 0,15 blive ca. 1,5 m/Sek².

Maaske kunde man med Enkeltvogne som Motorvogne regne med større Retardation (indtil 1,70 m/Sek²), men Bremsevirkningen maa da være under stadig Kontrol af Vognføreren.

Naar Skinnerne er fedtede, i Taage, og naar der dannes Is og Rim paa Skinnerne, kan Friktionen formindskes stærkt. Man søger da ved Sandstrøning at hindre, at Hjulene glider.

Sandstrøning bereder altid, især ved store Hastigheder, betydelige Vanskeligheder. Alligevel maa man, især ved Lokomotiver, prøve at gøre Sandstrøningen effektiv, og navnlig ved de Lokomotiver, der indrettes til særlig kraftig Bremsning.

Friktionens Formindskelse ved Løvfald eller Olier, der er dryppet paa Skinnerne, er uberegnelig og lader sig ikke imødegaa ved nogen Sikkerhedsforanstaltning.

I Almindelighed aftager Friktionskoefficienten, naar Trykket paa Bremseklodsen vokser, og naar Hastigheden aftager, men man har ogsaa fundet, at Friktionskoefficienten aftager, naar Hastigheden vokser.

Paa Fald bør man indføre en Korrektion, der tager Hensyn til Tyngdekraften, idet man erstatter s i Ligningen med $a \cdot s$ ($a > 1$).

Ved at kombinere Ligning $V = C \sqrt{R}$ med Ligningen for Bremsevejen kommer man til

$$R = \frac{L}{C^2} (2g - (f_0 - ai))$$

som giver Relationen mellem moderne Bremsforhold og Baneliniens Karakteristik (Kurver og Stigninger). f_0 sættes $= 1/7 = 0,143$.

En Jernbanes Overbygning har til Opgave at styre Vogne og Lokomotiver og overføre de af dem udøvede Virkninger til Underbygningen.

De paa Overbygningen virkende Kræfter er et Længdetryk, et Føringstryk og et Hjultryk. Længdetrykket skal ikke omtales her. Føringsstrykket (Hjulets vandrette Tryk mod Siden af Skinnehovedet) skyldes i retliniet Spor Vognenes Slingren; i Kurver optræder det som et Styringstryk. Det er vanskeligt at beregne, men ved Forsøg er fundet, at det ved de nu anvendte største Hastigheder paa ideel, vandret, lige Bane kan naa op til $1/4$ af Hjultrykket.

Den Paavirkning, et Spor udsættes for, naar et Tog kører hen over det er karakteriseret ved den store Hyppighed, hvormed Spændingsvekslingen foregaar. Hastighedens Indflydelse vil efter manges Mening være betydelig, selv om man havde et Spor uden Ujævnheder, men der er ogsaa fremsat den Anskuelse, at en Forøgelse af Hastigheden vil betyde en Nedsættelse af Spændingen i Sporet, da Kræfterne virker i for kort Tid, til at en Formforandring kan finde Sted.

Alle tekniske Forudsætninger er til Stede for Anvendelse af store Hastigheder; hvorledes Forholdene økonomisk stiller sig, vides endnu ikke; dog maa man sikkert regne med større Vedligeholdelsesudgifter.

Hurtigkørselens Virkninger kan træde stærkt frem i Kurver; man maa have bestemte Forskrifter for, hvor meget en Kurve maa afvige fra den fejlfrie Beliggenhed. Sporet bør undersøges med regelmæssige Mellemløb og en Undersøgelse bør ikke opsættes, til der foreligger Melding om daarlig Kørsel.

I Kurver kan det ske, at Krumningen ikke forløber regelmæssigt helt til Skinneenderne som Følge af den Maade, hvorpaa Skinner bøjes paa Byggepladsen. Fejlen vil kunne undgaas ved Anvendelse af Bøjeapparater, der bedre bøjer Enderne af Skinnerne.

Der maa til Hastigheden stilles *det første Krav*, at den ikke er større, end at der er tilstrækkelig Sikkerhed mod Afsporing, ved at Hjulet klatrer op over Skinnen. Der findes dog næppe noget Tilfælde af Afsporing ved saadan Klatring, uden at Hastigheden har været langt over den tilladte.

Faren for Sporafløbning, ved at et Hjul klatrer op paa Skinnen, vokser, jo mere det anløbende Hjul aflastes. Faren fremkommer i det Øjeblik, Forholdet mellem Hjulets Vægt og de opadrettede Kræfter ligger saa nær ved 1,

at der ikke mere er tilstrækkelig Sikkerhed tilstede; man ved meget lidt om, hvor denne Sikkerhedsgrænse ligger.

Hvis de opad rettede Kræfter kun virker stødvis eller forbigaaende, kommer det an paa, at de ikke virker saa længe, som Hjulet bruger til at klatre op paa Skinnen.

Forsøg paa en Beregning har vist, at man skal holde Belastningen paa en Vogns Hjul saa nær ens som muligt. Det er især i Kurver med lille Radius, skæv Belastning er farlig.

Ved Overbygning med Kontraskinner er Afsporingsfaren stor, fordi hurtig Kørsel bevirker, at det mod Kontraskinnen anløbende Inderhjul aflastes stærkt som Følge af Centrifugalkraften, og saa meget let klatrer op.

Forholdet spiller for Baner i Bjergland med smaa Kurveradier en større Rolle end for Slettelandsbaner med store Kurveradier.

Det andet Krav, der maa stilles, er, at Kørehastigheden ikke bliver saa stor, at den virker ubehagelig paa de Rejsende.

Naar en Vogn bevæger sig i en Kurve, paavirkes den af en Centrifugalkraft.

Da Yderskinnen i Kurven lægges højere end Inderskinnen, faar man en indadrettet Komposant af Tyngden. Naar den udadrettede Centrifugalacceleration er lige saa stor som Virkningen af den indadrettede Kraft som Følge af Overhøjden, er den virksomme Sideacceleration lig Nul. Hjultrykkene er da lige store paa de to Skinner, og der virker ikke andre Sidekræfter end de, der skyldes Sporets og Vognens Ufuldkommenheder. Denne Kørehastighed er den behageligste og betegnes som den ideelle.

Kører man langsommere i Kurven end den ideelle Hastighed, faar man en indadrettet eller negativ Sideacceleration. For almindelig Trafik kan en Overhøjde paa indtil 160 mm næppe give uovervindelige Vanskeligheder ved langsom Kørsel.

Kører man hurtigere end den ideelle Hastighed, faar man en udadrettet, aktiv Sideacceleration, som vokser meget hurtigt med Kørehastigheden. En Sideacceleration paa 0,4 m/Sek² mærkes næppe af de Rejsende, en Sideacceleration paa 0,65 m/Sek² er taalelig, og man vil kunne regne, at en Sideacceleration paa 1,0 m/Sek² er tilladelig.

Sovevognsrejsende stiller andre Krav om Bekvemmelighed end den Rejsende i Dagtog, hvis første Krav er at komme frem i kortest mulig Tid. Sideaccelerationen for Sovevognstog bør maaske ikke være større end 0,4 m/Sek². Den Sovende stiller ikke de Krav om kort Rejsetid som den Siddende,

og Natten bør helst ikke være for kort (Kjøbenhavn-Paris ca. 1050 km, Paris-Rom ca. 1150 km). Rejsende i Dagtog maa, for at komme hurtigt frem, finde sig i en Sideacceleration muligvis helt op til 1,0 m/Sek². Dog maa Hastigheden ikke være saa stor, at man faar for store Vanskeligheder ved at bevæge sig gennem Vognene, eller saa Servicet i Spisevognen falder paa Gulvet.

Ved andre Befordringsmidler udsættes Passagererne for betydelig større Accelerationer; men den, der sidder i et Automobil er støttet til Siderne, holder som Regel Øje med Vejen, og er forberedt paa de skarpe Kurver.

Det tredie Krav, man maa stille, er, at Kørehastigheden aldrig bliver saa stor, at Sporet ødelægges.

Kører en Vogn gennem en Kurve, vil det lodrette Tryk paa Skinnen variere, mest naar Tyngdepunktet ligger højt. Fjedrene paa den ene Side vil trykkes sammen og paa den anden Side aflastes. Tyngdepunktet flyttes ud til Siden, og Variationen i Belastningen bliver større, end man ved almindelig Beregning kan regne sig til. For hurtigtgaaende Materiel bør Tyngdepunktet lægges saa lavt som muligt.

Sidetrykket paa Skinnen vil blive ret stort. Er Hjultrykket 8 ts, Sideaccelerationen 1,0, bliver Centrifugalkraften

$$C = 16 \times 1,0 : 9,81 = 1,6 \text{ ts.}$$

Men desuden vil der komme en Sidekraft derved, at begge de ydre Boggiehjul ligger an mod ydre Skinne, og Centrifugalkraften er da 1,6 ts paa hvert Hjul.

Da Vognen skal skifte Retning i Kurven, behøves hertil en Sidekraft. Og paa Grund af Sporets Uregelmæssigheder faar man desuden en Slingrekraft, der er afhængig af Boggiernes Konstruktion f. Eks. af Afstanden mellem Akslerne. Skønsmæssigt kan Summen af disse Ekstraspændinger anslaaes til mellem 0,5 og 1,0 tn. For en Boggie kan man under disse Forudsætninger maaske ialt regne med en Sidekraft paa ikke over 2,5 ts.

Damplokomotiver har større Akseltryk, kortere Akselafstand, højere liggende Tyngdepunkt, altsaa ugunstigere Forhold end Boggievogne.

Vejr Lokomotivet uden Tender 80 ts med 16 ts Akseltryk og en Hastighed svarende til en Sideacceleration $p = 1,0 \text{ m/Sek}^2$ er Centrifugalkraften

$$C = 80 \times 1,0 : 9,81 = \text{ca. } 8 \text{ ts.}$$

Det er muligt, at Halvdelen af denne Sidekraft 4 ts overføres af eet Hjul. Den svære Maskine skal køre med konstant Hastighed ind i Kurven, og dens

Køretning skal ændres; der optræder Kræfter og Momenter, der virker stærkt paa Lokomotivet, d. v. s. dets Hjultryk, dets Kurvemodstand og dets Sikkerhed mod Væltning og Afsporing m. m. At beregne Paavirkningerne er næppe muligt. Der er Enighed om, at det er Lokomotiverne og ikke Vog-
nene, der ødelægger Sporene.

Man har i Frankrig foretaget Forsøg for at finde den Maade, hvorpaa Spor og Lokomotiv paavirker hinanden især ved store Hastigheder; der er bygget særlige Maalevogne til disse Forsøg. Man er kommet til det Resultat, at Sporet skal ligge nøjagtigt, og at dette navnlig er nødvendigt i Kurver.

Professor *Talbot* ved University of Illinois har igennem en Aarrække foretaget saadanne Forsøg. Hans Maalinger viser, at det elektriske Lokomotiv ikke anstrenger Sporet saa meget som Damplokomotivet. For det elektriske Lokomotiv ligger de enkelte Observationer samlet omkring en Middelværdi med relativt smaa Udslag fra denne, medens der ved Damplokomotivet er meget store Udslag til begge Sider af Middelværdien.

Sidestiftet veljusteret retliniet Spor med rigtig Sporvidde vil nedsætte Sidepaavirkningerne til et Minimum, forudsat at det rullende Materiel er vel konstrueret. *Talbot's* Undersøgelser har vist, at Forøgelsen af Sidepaavirkningerne i Kurver for en stor Del skyldes Styringstrykket, og i Modsætning til Forholdet paa retliniet Spor faar man her en Spænding, som vokser stærkt med Hastigheden og følgelig ogsaa med Kurvens Krumning.

Gode, lange Overgangskurver og veljusterede Cirkelbuer med størst mulig Overhøjde og kraftigt bygget Spor vil reducere Spændingerne.

Paa De danske Statsbaners 60 kg Spor paa Træsveler i Skærveballast vil kunne anvendes en Maksimalhastighed, som svarer til en Sideacceleration paa indtil $1,0 \text{ m/Sek}^2$ baade for Lokomotiver og Boggievogne.

Et fjerde Krav, der maa stilles til en Bane, er, at Hastigheden ikke overskrider det, Underbygningen kan taale; og her er der i første Række Tale om Broerne.

Naar Toget fra retliniet Bane kører ind i en Kurve, udsættes det for en Sideacceleration f. Eks. lig $1,0 \text{ m/Sek}^2$. Denne Overgang maa ske i en vis Tid, som helst bør være saa lang som muligt. Skal Sideaccelerationen vokse fra Nul til $1,0 \text{ m/Sek}^2$ i et meget kort Tidsrum, vil dette mærkes som et Stød, ikke blot for den Rejsende men ogsaa for Sporet og det rullende Materiel. For at gøre Overgangen lempelig, indlægger man Overgangskurver.

Naar Toget fra retliniet Bane kører ind i Kurven, kan Accelerationstilvæksten pr. Tidsenhed beregnes ved

$$\lambda = \frac{p}{t} = \frac{p \cdot V}{3,6 \cdot l} \text{ m/Sek}^3$$

hvor l er Overgangskurvens Længde i $m.$, V er Hastigheden i km/T og p er Sideaccelerationen; λ betegnes som »Rykket« og vil ogsaa mærkes som et Ryk, hvis Overgangskurven er for kort.

Meningerne om, hvor stort »Rykket« kan være, er delte. Det er muligt, at man kan regne $\lambda_{\text{maks}} = 0,5 \text{ m/Sek}^3$, men λ bør maaske ikke være større end $0,2 - 0,3$.

Paa nye Baner bør indlægges lange Overgangskurver; for lange Overgangskurver er λ Værdierne beskedne selv for store Hastigheder; ligger de under $0,4$ for alle Hastigheder, som giver $p = 1,0$, bør det anses for tilfredsstillende.

Man søger at holde Hastigheden i Kurverne, og dette er ogsaa muligt, især hvor Kurveradius ikke er for lille.

§ 2. 1. SPORVIDDE

Ved normal Sporvidde er Afstanden mellem de to Skinner i et Spor 1435 mm , maalt mellem Skinnehovedernes Inderkanter.

Stephenson, der byggede den første Dampbane fra Liverpool til Manchester (1829), havde valgt dette Maal $4'8 \frac{1}{2}'' \text{ eng.} = 1435 \text{ mm}$; efter nogle Opgivelser, fordi det svarede til almindelige Vognes Sporvidde, efter andre, fordi han, der ogsaa konstruerede Banens Lokomotiver, fandt, at man med dette Maal paa heldig Maade kunde anbringe Dampcylindrene imellem Lokomotivhjulene.

Andre engelske Ingeniører valgte en større Sporvidde for at kunne bygge Lokomotiver med større Præstationsevne og større Stabilitet; saaledes anvendte *Brunel* paa Great Western Banen en Sporvidde paa $7' \text{ eng.} = 2,134 \text{ m}$.

Disse forskellige Sporvidder blev følt som en Ulempe, da man i 1844 begyndte at skabe Forbindelse mellem de forskellige Baner, og i 1846 fastsatte man ved Lov en normal Sporvidde i England paa 1435 mm , og til den er efterhaanden alle bredsporede Baner blev ombygget. Man motiverede dette med, at dette Maal tillod, at Lokomotiverne fik en tilstrækkelig stor Trækkraft, at det passede bedst til de anvendte Kurveradier, og at det var billigere.

Da *Stephenson* var raadgivende ved Anlægget af et stort Antal af de første Baner, der blev bygget i Europa, blev hans Maal Normalmaal i Europa.

I Rusland valgte man en Sporvidde paa 1,524 m (5') eller kun 8,9 cm mere end den normale. I Spanien og Portugal er Sporvidden 1,676 m, i Irland, Australien og Brasilien 1,600 m. Banerne i Tyrkiet, Iran og Kina har Normalspor, de ostindiske Baner har Sporvidde 5' 6" eng. = 1,675 m; de sydamerikanske Baner har forskellige Sporvidder.

I Frankrig har man tidligere fastsat Afstanden mellem Skinnemidterne til 1,500 m, saa Sporvidden maalt paa almindelig Maade blev 1,440—1,450 m, naar Skinnehovedets Bredde laa mellem 50 og 60 mm. Den ringe Afvigelse fra normal Sporvidde paa 1435 mm hindrede ikke, at samme Vogn kunde køre paa begge Spor (Fig. 1) Men de nyeste svære Skinner med bredere Skinnehoved har nødvendiggjort, at man nu ogsaa i Frankrig maaler Sporvidden mellem Skinnehovederne.

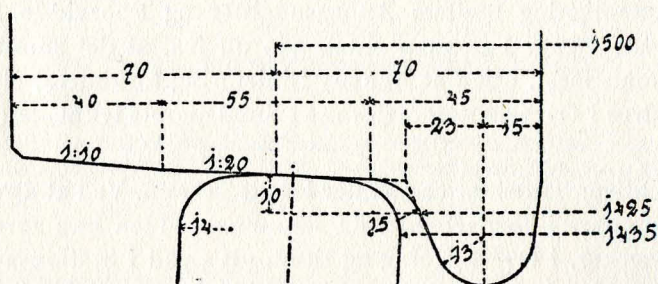


Fig. 1.

Enhed i Sporvidde har ikke medført, at man anvender samme frie Profil og samme Konstruktionsprofil.

Den normale Sporvidde 1435 mm er fastslaaet ved en international Overenskomst i Bern (1886).

For alle Sporvidder maa mindre Afvigelser være tilladelige, fordi man ikke nøjagtigt kan holde Sporets Vidde i Driften, selv om man lægger og vedligeholder det nok saa omhyggeligt. Dette Spillerum sættes for Normalspor ofte til $\div 3$ mm og $+10$ mm.

Ved Siden af Normalsporet har man allerede fra Jernbanernes første Tid anvendt mindre Sporvidder, men i lange Tider nærrede man Betænkelighed ved at anvende smalt Spor, idet man navnlig betegnede Omladningen af Godset mellem Normal- og Smalspor som uheldig og kostbar; man ansaa Smalsporet for lidet ydedygtigt og for dyrt i Drift. Først de stadigt voksende Bestræbelser for at bygge billige Baner, i Forbindelse med de gode Erfaringer, man indhøstede med de smalsporede Baner i Norge og Sverige og i Bosnien, bevirkede, at der fra 1880-erne er blevet bygget mange smalsporede Smaabaner. I mange Lande har man paa en Maade faaet et »normalt Smalspor«.

i Sverige, Norge og Holland saaledes 1,067 m, i Danmark 1,00 m, i Schweiz 0,80 m, i Østrig 0,76 m, i Frankrig 1,00 m, 0,75 m og 0,60 m. I Afrika har man bygget mange smalsporede Baner. Man søger vistnok at nøjes med de tre Sporvidder paa 1,00 m, 0,75 m og 0,60 m. Baner med 1,00 m og 0,75 m Sporvidde staar omtrent lige i Ydeevne og over 0,60 m-sporede Baner.

I Danmark er Banerne paa Bornholm (1 m Spor) smalsporede.

Om en Bane skal bygges normal- eller smalsporet bør afgøres, før det foreløbige Projekt udarbejdes. For Hovedbaner vil man i Almindelighed vælge Normalspor, mens Smalspor især vil finde Anvendelse i Bjerglande og i tyndt befolkede Egne samt til Smaabaner.

Ved Sammenligning mellem Anlægsudgifter og Sporvidde for normal- og smalsporede Baner kan man enten gaa ud fra, at det smalle Spor skal erstatte Normalsporet, uden at Banens Linieføring forandres, eller at Linieføringen ændres i Overensstemmelse med Smalsporets tekniske Ejendommeligheder.

Det første bliver Tilfældet ved Baner i fladt Terræn. Ved at anvende Smalspor vil man spare i Jordarbejde, da Planumsbredden kan gøres mindre, i særlige Bygværker, i Overbygning og til en vis Grad i Stationsanlæg og rullende Materiel. Men jo bedre Banen slutter til Terrænet, og jo billigere Jorden er, des mindre bliver Fordelen ved at anvende Smalspor.

I det andet Tilfælde maa man undersøge forskellige Linier, eftersom man vil bygge Banen normal- eller smalsporet, idet de tekniske Bestemmelser kan vælges meget forskellige for de to Arter af Baner, og herved kan man, især i vanskeligt Terræn, komme til det Resultat, at Anvendelse af Smalspor vil frembyde økonomiske Fordele.

Driftsudgifterne paavirkes ikke væsentligt af Sporvidden.

Ved Beregning af Anlægsudgifterne maa man huske, at Mængden af rullende Materiel paa en smalsporet Bane som Regel maa gøres noget større end paa en normalsporet Bane, da det ikke kan suppleres ved Laan fra en tilstødende normalsporet Bane.

En Vogn løber desto roligere, jo bredere Sporet er. Den Nøjagtighed, hvormed man kan lægge Skinnerne efter Højden, har bestemte Grænser. 1 mm Højdeforskel mellem de to Skinner betyder større Sidehældning for et Smalspor end for et Normalspor.

Hjulenes kegleformede Løbeflader fører til det saakaldte Sinusløb. Bølgelængden for en Svingning er proportional med Kvadratroden af Afstanden

mellem Løbecirklerne. En større Sporvidde forlænger Bølgerne og forbedrer for samme Hastighed Kørselens Godhed.

Akseltrykket er ikke afhængigt af Sporvidden.

Paa smalsporede Baner er Hastighederne betydelig mindre end paa normal-sporede. For 750 mm Baner er $V_{\max} = 25-30$ km/T, og man vil gerne kunne naa til 40 km/T. Paa 1 m Baner er største Hastighed paa retliniet Bane 90—100 km/T.

Maksimalhastighedens Afhængighed af Sporvidden kan forklares ved Vognenes Overhæng til Siderne, af deres Højde, Stabilitet og rolige Løb. Ligevægtbetingelserne og de praktiske Erfaringer sætter en naturlig Grænse for en Forøgelse af Hastigheden.

Hvis man regner

	for	750 mm	Sporvidde	Maksimalhastighed	40 km/T
-	1067	-	—	—	97
-	1435	-	—	—	160

og lægger dette ind i et retvinklet Koordinatsystem, ligger de tre Punkter paa en ret Linie, og man kan opstille en Interpolationsformel $V = 175 S \div 90$, hvor S er Sporvidden. Man kan ikke ekstrapolere, da der ved større Hastigheder kan komme Paavirkninger, der stærkt ændrer Billedet.

§ 2. 2. SPORUDVIDELSE

Jernbanevogne bygges med stive Aksler, paa hvilke Hjulene er kilede fast, saa de to Hjul paa samme Aksel maa følges ad under deres Omdrejning; Akslerne er stadig parallelle.

I Fig. 2—3 er vist et paa de danske Statsbaner anvendt Hjulsæt; Hjulbandagens Køreflade er konisk med Hældning 1:20¹⁾. Denne svage Hældning skal sikre imod, at Hjulene ved Slid skal blive koniske til modsat Side. For normal Sporvidde er Spillerummet mellem Styrekranse og Skinner for nye Hjul 10 mm (se Fig. 1) for udslidte Hjul 25 mm paa retliniet Bane; i Kurver forøges Spillerummet ved en Forøgelse af Sporvidden. De i et Spor anvendte Kurver er altid Cirkelbuer (med Undtagelse af de Overgangskurver, der indlægges ved Overgangen mellem retliniet Spor og Cirkelbue).

Ruller en enkelt Aksel frit og alene i en Kurve, vil den indstille sig efter Radius. Har en Jernbanevogn to Aksler, der frit kan indstille sig efter Radius, løber begge Hjulpar, naar Bandagerne er koniske, uden Tvang i Kurverne ligesom paa retliniet Bane, fordi de to ulige store Hjul paa hver Aksel ruller som en Kegel med Toppunkt i Kurvens Centrum.

¹⁾ Koniciteten er i Europa 1:20, men i Amerika 1:40. Hældning 1:40 bruges i Danmark for Lyntogenes Hjul.

Sidder de to parallelle Aksler fast i Vognrammen (Vogne med stive Aksler), vil Vognen søge at bevæge sig i en ret Linie; Styrekransen paa ydre Forhjul vil løbe imod Indersiden af Hovedet paa udvendig Skinne i Kurven og derved tvinges til at bevæge sig i denne. Bageste Hjulpar faar under Bevægelsen et øjeblikkeligt Drejningspunkt i Røringspunktet mellem Skinne og Styrekrans paa udvendigt Forhjul, hvorved Bagakslen søger at indstille sig efter Kurveradius. Denne Stilling giver mindste Afslidning af Yderskinnens Inderside; men denne Stilling kan kun naas, naar Akslerne har det fornødne Spillerum til Forskydningen. Er dette ikke Tilfældet, vil Styrekransen paa

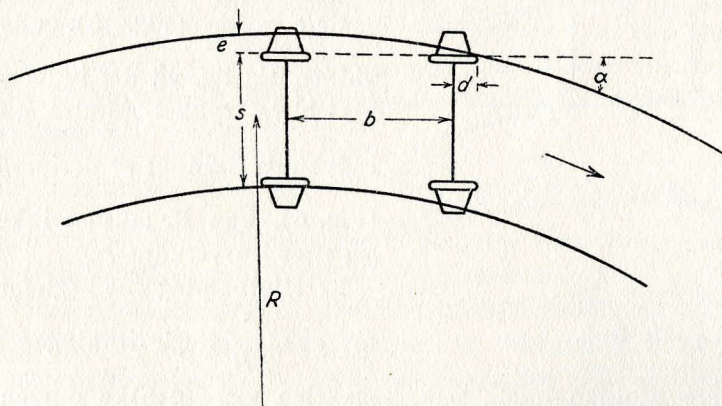


Fig. 4.

ydre Forhjul og paa indre Baghjul trykkes imod Skinnerne, hvorved Slidet paa Hjul og Skinner forøges. For en vis Værdi af Kurveradius og Akselafstand vil det paa retliniet Bane anvendte Spillerum ikke mere være tilstrækkeligt til Forskydning af Akslerne, og en Sporudvidelse er da nødvendig.

Er Akselafstanden for stor til, at Bagakslen kan indstille sig efter Kurveradius, ligger det øjeblikkelige Drejningspunkt mellem de to forlængede Aksler, og det indvendige Hjul paa Bagakslen vil løbe skarpt an imod indvendig Skinne. Hvis Bagakslen derimod kan indstille sig efter Radius, løber den i Hovedsagen under samme Forhold som i et retliniet Spor, og dette er det heldigste for Kørslen gennem Kurven. Det bliver Tilfældet, naar Spillerummet mellem Styrekrans og Skinnehoved bliver

$$e \geq \frac{b^2}{2R}$$

hvor b er Akselafstanden og R Kurveradius. Er endvidere s Vognens Spormaale,

e det Stykke, som Sporvidden i Kurven maa være større end s , for at Vognen kan indstille sig med Bagakslen efter Radius, har man (Fig 4)

$$\left(R + \frac{s}{2}\right)^2 + (b + d)^2 = \left(R + \frac{s + e}{2}\right)^2,$$

der med Tilnærmelse giver

$$e = \frac{b^2}{2R}.$$

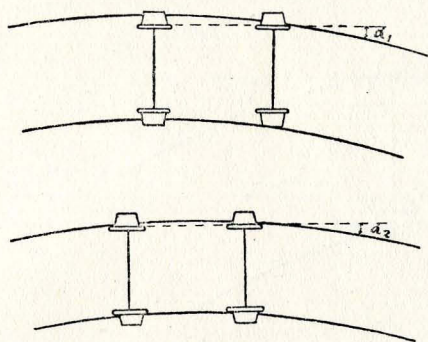


Fig. 5—6.

Er $e > \frac{b^2}{2R}$ (Fig. 5), altsaa Sporvidden rigtig, vil det indvendige Baghjul blive trykket mindre stærkt imod indvendig Skinne; er derimod $e < \frac{b^2}{2R}$ (Fig. 6), kan Bagakslen ikke indstille sig efter Kurveradius.

Er Hjulbandagerne kegleformede, vil for $e = \frac{b^2}{2R}$ Keglevirkningen paa For-

akslen være ufuldkommen, paa Bagakslen være ganske omvendt, skønt Bagakslen har indstillet sig rigtigt, idet det indvendige Hjul vil staa paa en større Løbecirkel end det udvendige. Det indvendige Hjul bliver derfor bremsset paa Skinnen, mens det udvendige glider paa Skinnen; Følgen heraf er, at Skinner og Bandager slides mere, og at der lides et Tab i Arbejde; er $e > \frac{b^2}{2R}$, har Akslerne et større Spillerum i Sporet, Keglevirkningen bliver bedre, ogsaa paa Bagakslen, Vognen løber mere regelmæssigt, og Arbejdet bliver mindre.

Er $e < \frac{b^2}{2R}$ løber Vognen i en Tvangstilling gennem Kurven, og den kommer derfor til at løbe meget roligt; Faren for Afsporing bliver mindre, fordi Hjulenes Paaløbsvinkel bliver mindre end i de andre Tilfælde, men Skinner og Hjul slides stærkt. Styrekransen paa udvendigt Forhjul og paa indvendigt Baghjul trykkes stærkt imod Skinnerne; det første vil glide paa Skinnen, og Hjulene paa Bagakslen staar galt paa Skinnerne, naar Hensyn tages til deres Kegleform.

Disse Overvejelser gælder enkelte Vogne. Kobles de sammen til Tog, bliver deres Stilling gunstigere. Trækraften virker gennem en i Vognens Midtlinie anbragt Kobling fra Vogn til Vogn, saaledes at begge føres ind imod Sporkurvens Centrum, hvorved Paaløbsvinklen bliver mindre. Vognene forandrer derved deres naturlige Stilling i Sporet, og hertil bruges en Del af Trækraften. Med dette Merforbrug af Trækraft betales det mindre Slid paa Skinner og Bandager.

Lokomotivet forholder sig anderledes end Vognene. Et Lokomotiv, der trækker et Tog, vil af den gennem Koblingen overførte Togmodstand faa det udvendige Forhjul trykket imod Yderskinnen.

De Virkninger, der fremkaldes for Vogne samlede i Tog, kan ikke stilles i Regning, og deraf følger, at de Beregninger, der gælder enkelte Vogne, kun kan være til Orientering over Forholdene, men ikke kan give en bestemt konstruktiv Løsning.

Anvendelse af Formlen $e = \frac{b^2}{2R}$ støder paa den Vanskelighed, at Akselafstanden b er meget forskellig, og herpaa strander Anvendelsen af enhver Formel, saa Sporudvidelsen fastsættes ad Erfaringens Vej; man træffer derfor stor Forskel mellem de i de forskellige Lande benyttede Talværdier.

Den yderste, ledende Skinnestreng lægges i en Afstand af 717,5 mm fra og parallel med Sporaksen, da den fører det udvendige Hjul paa Forakslen.

Ved Kurver med Overgangskurve begynder Sporudvidelsen i Overgangskurvens Begyndelsepunkt og skal være fuldt til Stede ved denne Kurves Endepunkt, altsaa ved Hovedkurvens Begyndelse. Ved Kurver uden Overgangskurve begynder Sporudvidelsen i Overhøjderampens Begyndelsepunkt og skal ogsaa her være fuldt til Stede ved Hovedkurvens Begyndelse.

Der er Enighed om, at Bestræbelserne bør gaa ud paa at holde Sporudvidelsen i Kurver saa lille som muligt.

§ 2. 3. SKINNEHÆLDNING

Paa de fleste Jernbaner i Europa stilles Skinnerne ikke med Midteaksen lodret, men hældende 1:20 mod en lodret Plan. Derved opnaas, at Hjulenes kegleformede Bandager understøttes saa nær som muligt ved Skinnehovedets Midte, at Skinnen slides regelmæssigt, og at Resultanten af de paa Skinnen virkende lodrette og vandrette Kræfter nogenlunde følger Skinnens Midteakse.

Hældningen 1:20 vil maaske i Fremtiden blive ændret noget; det blev ovenfor sagt, at Hjulbandagernes kegleformede Løbeflade normalt hælder

1:20, men at man f. Eks. for de danske Lyntog anvender en Hældning 1:40.

Skinnehældning tilvejebringes for Vignoleskinner ved kileformede Underlagsplader eller ved Udskæring i Træsvellen, og for Stolskinner ved Stolens Form.

§ 2. 4. JERNBANEKØRETØJERS LØB I SPORET

De forskellige Jernbaners Hjulbandager har meget forskellig Form. Ikke alene forskellig Form af Skinnetværsnittet forklarer Forskellighederne i Hjulbandagernes Form, men ogsaa de forskelligt vurderede Krav har bidraget til, at Formen er blevet saa forskellig, som Tilfældet er.

De Krav, der stilles til en rigtigt formet Hjulbandage er:

- størst mulig Sikkerhed, naar Hjulet ruller paa Skinnen, d. v. s. Bortelimination af enhver Fare for Afsporing; Vognene skal løbe roligt;
- Glidningen mellem Hjul og Skinne skal være lille, for at
- Slidet paa Skinne og Hjul og Togmodstanden kan formindskes saa meget som muligt; endvidere skal man søge fremmet et Slid paa Bandagen, der gør Afdrejningen saa økonomisk som muligt.

De to første Krav er især af teknisk Natur, de to sidste har derimod økonomisk Betydning, da de tjener til Nedsættelse af Vedligeholdelses- og Driftsudgifter.

Hjulbandagen skal have en saadan Form, at Hjulet ruller paa Skinnen og ikke løber ned fra den; den maa derfor formes som et Omdrejningslegeme med Løbeflade og Styrekrans. Løbefladen skal overføre Hjultrykket, altsaa den lodrette Kraft, mens Styrekransen overfører den vandrette Kraft til Skinnen.

Med de nu almindelige Former berører Hjulet Skinnen i to geometrisk forskellige Punkter, af hvilke det ene ligger paa Løbefladen, det andet paa Styrekransens Side. Falder de to Punkter sammen, og berører Hjulet Skinnen i alle sine mulige Stillinger i Sporet kun i et eneste Punkt, gennem hvilket baade Hjultryk og Styrekranstryk kan overføres, fremkommer en Enpunktberøring mellem Hjul og Skinne.

Disse Forhold har givet Anledning til en Række teoretiske Undersøgelser over Muligheder for en forbedret Form af Hjulbandagernes Løbeflade.

Teoretisk har man ikke noget Styringstryk paa retliniet Bane. I en Over-

gangskurve, hvor man gaar fra en Vinkelhastighed = 0 til en Vinkelhastighed = V, faar man en Vinkelacceleration og følgelig ogsaa et Styringstryk, og i en Cirkelbue med konstant Vinkelhastighed og ingen Acceleration skulde man ikke have noget Styringstryk, forudsat at Fart og Overhøjde er afbalanceret.

Hjulbandagernes Kegleform bevirker, at Vognene paa retliniet Bane føres i en flad Bølgelinie omkring Sporets Midtlinie. Da Hjulene er fastkilede paa Akslen, vil i Kurver en Vogns Forhjul kunne undgaa at glide paa tværs i Sporet, naar Bandagerne er koniske, men det kan ske, at dens Baghjul med Styrekransen løber an mod Inderskinnen, hvorved det indvendige Hjul kommer til at løbe paa større Radius end det udvendige, og denne Virkning, kan Bandagernes Konicitet ikke ophæve. I Nordamerika gør man ofte Bandagerne cylindriske og stiller Skinnerne lodret, men en lodret staaende Skinne kræver en bredere Fod for at kunne modstaa de udadvirkende Kræfter.

Paa retliniet Bane vil Hjulsættet løbe i en Sinuskurve, hvis Bølgehøjde er bestemt ved Spillerummet mellem Spor og Hjulflange, men hvis Bølgelængde ikke er bestemt. Styringstrykket er vanskeligt at bestemme regningsmæssigt, men ved Forsøg har man fundet, at det paa ideel vandret retliniet Bane ved de største Hastigheder kan gaa op til $\frac{1}{4}$ af Hjultrykket. Det er undertiden blevet hævdet, at Styringstrykket vokser med Hastighedens Kvadrat, men dette er dog tvivlsomt.

Ved smaa Hastigheder vil Sinusforløbet næppe være særlig karakteristisk. Et Hjulsæt kan ligge længe langs den ene Skinnestreg og kortere langs den anden. Vokser Hastigheden, er det sandsynligt, at Forholdet forandres. Er et Hjulsæt først kommet i en skæv Stilling, vil det fortsætte i denne Stilling, til det træffer en Skinne. Her faar man saa et Styringstryk, som giver Hjulet en Impuls i den modsatte Retning, og Sinusløbet er i Gang. Hvorledes det gaar, naar Hastigheden yderligere forøges, er ikke klarlagt.

Ved Formindskelse af Keglehældningen faar man et roligere Løb af Hjulsættet. Men kun saa længe den oprindelige Kegleform bevares.

Den naturlige Afslidning under Driften udhuler Bandagerne. Løbet bliver desto mere uroligt, jo mere Hulheden i Bandagen og Skinnehovedets Hvælving bliver sammenfaldende. Man mener kendelig at kunne forringe denne meget uheldige Virkning af den naturlige Afslidning ved, at man ikke blot holder Hjulbandagernes Keglehældning mindre end de sædvanlige 1:20, men ogsaa stiller Skinnen tilsvarende stejlere, gør dens Hoved temmelig bredt og hvælver det temmelig svagt. Derved udhules Bandagerne

langsommere, og Berøringsvinklen mellem Hjul og Skinne imod den vandrede Linie i Hjulsættets Midtestilling vil blive mindre, ikke alene ved nye, men ogsaa ved slidte Bandager. En Keglehældning for Bandagerne og en Skinnehældning paa 1:40—1:50 anses nu for maaske at være det rigtige. Hvis man derimod kun formindsker Bandagens Keglehældning omtrent fra 1:20 ned til 1:40 og lader Skinnehældningen være uforandret 1:20, opnaar man ganske vist for nye Bandager bedre Løb, men ikke ved slidte, og den naturlige Afslidning bringer temmelig snart, navnlig Bandageudhulingen op paa de samme ugunstige Værdier som ved uforandret Bandagekeglehældning 1:20, og Løbforbedringen holder op.

Kommer ved stor Sideflytning af Hjulsættet Berøringspunktet for det anløbende Hjul paa en skarpere Udhuling og Hvælving end det afløbende, ændres fra dette Øjeblik Formen af Hjulsættets Bane. Omtrent er den ogsaa nu en Sinuslinie, kun ved stærkt slidte Bandager langt skarpere krummet end hidtil. Tiltagende Afslidning af Bandagerne virker i denne Retning ugunstigt, fordi den nærmer Bandagens skarpe Hulning til Skinnehovedets Hvælving; tiltagende Afslidning af Skinnerne virker derimod sandsynligvis i denne Retning gunstigt, fordi den skyder Skinnetoppen noget udefter.

Naar slidte Bandager løber paa nye Skinner flyttes Berøringspunktet mellem Hjul og Skinne, og i visse Tilfælde i Spring. Med dette Spring er forbundet en betydelig Forøgelse af Hjulsættets urolige Løb.

Hjulsættenes frie Løb kan indskrænkes af Boggierammen eller af Sporet.

Ser vi nærmere paa Sinuskurven for nyt Materiel, er Bølgehøjden givet, det er Spillerummet mellem Spor og Styrekrans, men Bølgelængden er næppe konstant. Er den det, bliver Styringstrykket lig Centrifugalpaavirkningen i en Kurve med Krumning lig Krumningen i Toppen af en Sinuskurve med konstant Bølgelængde og Bølgelængde, og denne Centrifugalpaavirkning er proportional med V^2 . Det vil sige, at med voksende Hastighed vil Vekseltallet vokse, og ved store Hastigheder vil der blive en intens Side-rysten, som man aldrig har paa nogenlunde veljusterede Linier. De Rystelser, man har ved visse Hastigheder, skyldes mere Resonansvibrationer i det rullende Materiel end et Sinusløb i en vel justeret Kurve.

Man kan betragte Bølgelængden som en Funktion af Hastigheden (Fig. 7), og forudsætte, at Tiden er konstant; Ligningen for en saadan Sinusoide kan skrives :

$$y = \frac{d}{2} \frac{2\pi}{\sin \gamma t} \cdot x$$

Kurvens Krumningsradius er

$$R = \frac{\left(1 + \left(\frac{dy}{dx}\right)^2\right)^{3/2}}{\frac{d^2y}{dx^2}}$$

og søger man R_{\max} i Afstanden $x = \frac{1}{4} \gamma t$, faar man, idet man først differentierer

$$\frac{dy}{dx} = \frac{d}{2} \frac{2\pi}{\gamma t} \frac{2\pi}{\cos \gamma t} \cdot x = 0; \quad \frac{d^2y}{dx^2} = \frac{d}{2} \frac{(2\pi)^2}{\gamma t} \frac{2\pi}{\sin \gamma t} = \frac{d}{2} \frac{(2\pi)^2}{\gamma t}$$

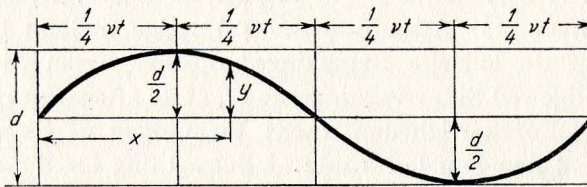


Fig. 7.

Indsættes disse Værdier for $\frac{dy}{dx}$ og $\frac{d^2y}{dx^2}$ i Ligningen for Krumningsradius R, faar man

$$R = \frac{\gamma^2 t^2}{2 d \pi^2}$$

Centrifugalkraften $C = m \frac{\gamma^2}{R}$, og indsættes den fundne Værdi for Sinusoidens maksimale Krumningsradius, faar man Kraftpaavirkningen

$$C = m \frac{\gamma^2}{K \cdot \gamma^2} = \frac{m}{K} = \text{konstant.}$$

hvilket vil sige, at Styringstrykket er uafhængigt af Hastigheden. Det kan endvidere vises, at med velkonstrueret Materiel paa veljusteret Spor bliver Tiden og dermed Bølgelængden lang og Styringstrykket lille.

Jo længere Skinnerne er, desto gunstigere Virkning har det paa Vognenes Svingninger. Der er en bestemt Skinnelængde, ved hvilken Resonansen af de ved Skinnestødene fremkaldte Svingninger falder sammen med Vognenes Egensvingninger.

Amplituden af de lodrette Svingninger maales med Hallades Apparat, der kan opstilles i Sidegangen paa en Hurtigtogsvogn; ved afholdte Forsøg optraadte der betydelige Svingninger ved en Fart af 70—75 km/T. Skinnelængden var 10,085 m. Ved denne Fart faldt Svingningerne som Følge af Slag i Skinnestødene sammen med Vognens Egensvingning. Perioden for Egensvingning var ca. 0,5 Sek., og den i samme Tid kørte Strækning 9,70 m ved en Fart af 70 km/T og 10,4 m ved 75 km/T; den falder altsaa sammen med Skinnelængden.

De Svingninger, som fremkaldes af Skinnestødene, bliver hurtigt dæmpet af Fjedrenes Friktion. Da Slagene imidlertid gentages i en bestemt Periode, som ligger nær op til Egensvingningernes Periode, vokser Vognkassens Svingninger stadig ved de regelmæssige Gentagelser.

Slag i Stødene er Hovedårsagen til Vognenes Svingninger, og Spørgsmaalet bliver derfor, hvor stor Afstand man skal vælge mellem to Skinnestød.

Ved Siden af de lodrette Svingninger opstaar ogsaa Sidesvingninger, Det ejendommelige ved Sidesvingningerne er, at de aftager proportionalt med en Forøgelse af Kørehastigheden, mens Virkningen af Skinnelængden er saa ubetydelig, at den kan lades ude af Betragtning for disse Svingninger. Foretagne Undersøgelser viser, at en Skinnelængde paa ca. 41 m vil være den heldigste for de undersøgte Personvogne med Hastighed 85 km/T.

Den franske Orléans-Bane¹⁾ har holdt Forsøg over Jernbanevognes Slingren og har hertil benyttet selvregistrerende Svingningsmaalere.

Ved Hjælp af disse blev Lokomotiv- og Vognakslernes Bevægelser under Kørslen maalt, baade Akslens Bevægelse i Akselholderne og Boggiens Bevægelse i Forhold til Vognkassen.

Endvidere blev, for at fastslaa periodiske slingrende Bevægelser, udvendig paa Skinnen anbragt en Lervulst, der naaede op over Skinnehovedet og blev trykket flad af Hjulenes Løbeflade, hvorved man fik et Aftryk af Hjulenes Yderkant.

Maalerredskaberne blev senere benyttet til Undersøgelse af Sporets Vedligeholdelsestilstand. De er hertil forsynede med en Indretning, der ved Fejl, i Højden paa over 4 mm, sprøjter hvid Farve paa Banelegemet, saa Tilsynspersonalet kan se, hvor Justering er nødvendig.

§ 3. 1. OVERHØJDE

En fri Aksel, der løber gennem en Kurve, vil blive trykket op imod Yderskinnen, og naar Hastigheden bliver for stor, vil Centrifugalkraften vælte

¹⁾ Revue Générale des Chemins de Fer, Januar 1933.

den.¹⁾ For at hindre dette, lægger man Yderskinnen med Overhøjde. Centrifugalkraften uskadeliggøres, naar Overhøjden bestemmes ved (Fig. 8).

$$h = s \cdot \operatorname{tg} \alpha = \frac{sv^2}{gR} = \frac{1500}{9,81} \cdot \frac{v^2}{R} = 153 \frac{v^2}{R} \text{ (mm)}$$

$$\frac{v^2}{R} = \frac{h}{153} = \frac{V^2}{3,6^2 R} = \frac{V^2}{12,96 R}$$

hvor s er Afstanden fra Midte til Midte af Skinnerne, R Kurveradius i m , v Akslens Hastighed i m pr. Sek. (V i km/T) og g Tyngdens Acceleration.

$$h = \frac{1500 V^2}{\text{mm } 9,8 \cdot 3,6^2 \cdot R} = 11,8 \frac{V^2}{R}$$

Af Hensyn til Toghastigheden og Materiellets Konstruktion er der en Grænse for den Størrelse af Radius, som man ikke gaar ned under.

Formlen gælder kun for en fritløbende Aksel, der indstiller sig efter Kurveradius, og man kan derfor ikke uden videre benytte den teoretiske Formel til at beregne Overhøjden i Kurver, der skal passeres af hele Vogne eller hele Tog.

Ved Kørsel igennem en Kurve med Radius R (m), optræder en Sideacceleration $\frac{V^2}{12,96 R}$ (m/Sek.^2). Har Kurven normal Sporvidde og Overhøjde h (mm), vil en Del af Sideaccelerationen nemlig $\frac{h}{153}$ (m/Sek.^2) ophæves af den Komposant af Tyngdens Acceleration, der er parallel med Sporets Plan.

Skal de Rejsendes Stilling i Jernbanevognen føles helt naturlig, skal Centrifugalkraften ophæves fuldstændig af Komposanten af Tyngdekraften, saa man som ovenfor faar :

$$\frac{V^2}{12,96 R} = \frac{h}{153} \text{ eller } h = 11,8 \frac{V^2}{R}$$

Er der en anden Forbindelse mellem h , V og R , vil de Rejsende uvilkaarligt indtage en skæv Stilling for at modvirke den ikke udlignede Sideacceleration, hvis Størrelse er

$$p = \frac{V^2}{12,96 R} \div \frac{h}{153} \quad (1)$$

¹⁾ La constitution des courbes pour les vitesses élevées. Revue Générale 1937, I. S. 135.

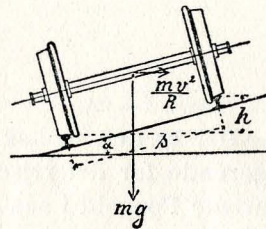


Fig. 8.

Ved Kørsel med konstant Hastighed gennem en fejlfri Cirkelbue faar man en konstant ikke udlignet Sideacceleration, der føles som et konstant vandret Træk vinkelret paa Kørselsretningen. Ved Kørsel ind i en Kurve og atter igen ud af den ændres Krumning og Overhøjde, og Trækket vil ændres tilsvarende; denne Ændring vil føles som et mere eller mindre kraftigt Ryk. Som Maalestok for Rykkets Størrelse benytter man Trækkets Tilvækst pr. Tidsenhed, og Rykket er da

$$\psi = \frac{dp}{dt} \text{ (m/Sek}^3\text{)}$$

Det er den overskydende eller virksomme Sideacceleration, som er afgørende for det rejsende Publikums Bekvemmelighed. Vil man have ensartede Forhold i saa Henseende, maa man gaa ud fra en Overhøjdeformel af Formen

$$h = 11,8 \frac{V^2}{R} \div C$$

hvor Konstanten $C = 153 p$ (p er den virksomme Sideacceleration i m/Sek²). Valget af denne Konstant C er bestemmende for Sideaccelerationens Størrelse. Sætter man $C = 75$, faar man en Sideacceleration $p = 0,49$ m/Sek.² i alle Kurver, hvis Overhøjde h er bestemt efter Formlen, og der køres med en Hastighed V .

Gennem lange Tider blev en Overhøjde $h = 120$ mm betragtet som den største Overhøjde, som man af Hensyn til langsommere Tog kunde anvende. Nogle Baner f. Eks. de engelske gik paa et tidligt Tidspunkt videre og havde gode Erfaringer med h indtil 150 mm. Forøgelsen af Maksimalhastigheden fra 120 km/T til 180 km/T har tvunget til, at man har maattet anvende en Overhøjde paa indtil 160 mm.

I det følgende skal undersøges, til hvilke Hastigheder og Kurveradier en Overhøjde paa 160 mm kan anvendes, under Hensyn til langsommere Tog.

I en normalsporet Kurve ophæves Centrifugalkraften fuldstændigt, naar Yderskinen i Kurven løftes:

$$h_0 = \frac{11,8 \cdot V^2}{R}$$

h_0 er Overhøjden (mm) V Kørehastigheden (km/T) og R Kurveradius (m). Ved Prøvekørsel har man konstateret, at en Centrifugalkraft svarende

til $p = 0,4$ (m/Sek.²) ligger under det, man kan mærke. Den svarer til en Overhøjde $c = \text{ca. } 60$ mm. Overhøjden kan derfor reduceres til

$$h = h_0 \div c = \frac{11,8 v^2}{R} \div 60$$

uden at de Rejsende tydeligt mærker det. Er h og R givne, bliver

$$v = \sqrt{\frac{h + 60}{11,8} \cdot R} \quad (2)$$

I Undtagelsestilfælde (f. Eks. Sporskifter) kan c forhøjes til 100 mm, da dette Maal svarer til $p = 0,65$ (m/Sek.²), der endnu maa anses for tilladeligt. Taalelig Kørsel kan faas for

$$h = \frac{11,8 V^2}{R} \div 100$$

og

$$v = \sqrt{\frac{h + 100}{11,8} \cdot R} \quad (3)$$

Lige saa lidt en Rejsende mærker en Centrifugalkraft $p = 0,4$ (m/Sek.²) føler han en Centripetalkraft $p = 0,4$ (m/Sek.²).

Hastigheden kan altsaa reduceres til

$$v' = \sqrt{\frac{h - 60}{11,8} \cdot R} \quad (4)$$

uden at den Rejsende føler en nævneværdig Forskel. Ligesaa bliver Følelsen tilnærmelsesvis som for (3), naar Hastigheden er faldet til

$$v'' = \sqrt{\frac{h \div 100}{11,8} \cdot R} \quad (5)$$

Kommer et Tog ind i en Kurve med Overhøjde, før der gives Signal til Stop, og Toget skal holde i Kurven, betyder en Overhøjde paa 150 eller 160 mm en Ubehagelighed for de Rejsende. Men det er nødvendigt af Hensyn til den hurtige Kørsel, og Standsning foran Signaler bør høre til Undtagelserne; det er heller ikke saaledes, at der altid foran en Station ligger en Kurve med stor Overhøjde. } *højk !!*

Ved Lyntogskørsel med det særlige Materiel gaar man i Danmark ikke højere end

$$v = 4,5 \sqrt{R} \quad (6)$$

og man kan ikke gaa højere end hertil, hvis Kravet til mindste Overhøjde

$$h_{\min} = 11,8 \cdot \frac{V^2}{R} \div 90 \quad (7)$$

skal opretholdes, og h_{\max} samtidig være 150 mm, idet $150 + 90 = 240$ mm er den teoretisk fulde Overhøjde for $V = 4,5 \cdot \sqrt{R}$.

Stabilitetskravet er udtrykt ved Formlen

$$h \geq 11,8 \frac{V^2}{R} \div 90 \quad (8)$$

Ved Udlledelsen af denne for Damplokomotiver gældende Formel er der ikke direkte medtaget andre Kræfter end Lokomotivets Egenvægt og den tilsvarende Centrifugalkraft, medens alle andre for Stabiliteten bestemmende Faktorer (Vindkraft o. lign.) maa formodes at være indregnet i Sikkerhedsgraden.

Ved Prøvekørsel paa Strækningen Milano—Firenze har man uden Ulempe anvendt en Hastighed

$$V_{\text{km/T}} = 5,5 \sqrt{R}.$$

For at Togene kan gaa roligt gennem Kurverne, saa de Rejsende ikke bliver ubehageligt paavirkede af de vandrette Kræfter, skal Overhøjden fremstilles med stor Nøjagtighed og Omhu.

Af økonomiske Grunde er en vis Overhøjde ønskelig, for at Yder- og Inderskinne skal slides saa vidt muligt ens. En stor Overhøjde er af økonomiske Grunde hensigtsmæssig. Da udvendigt Hjul paa Forakslen løber an mod Siden af Yderskinnens Hoved, slides dette her, hvorimod Inderskinnen af Hjulene paa begge Aksler især slides paa den øverste Løbeflade, idet indvendigt Hjul paa Bagakslen dog i visse Tilfælde ogsaa kan slide paa Siden af indvendig Skinnes Hoved. Slidet paa Siden af begge Skinnehoveder afhænger især af Akselafstand og Kurveradius; Slidet paa Siden af Yderskinnens Hoved vokser med Hastigheden og aftager, naar Overhøjden vokser, ved at udvendigt Hjul aflastes; omvendt vil Inderskinnen slides mere, baade paa Hovedets Overside og paa dets Inderside, naar Overhøjden vokser, og Hastigheden bliver mindre.

I de skarpeste Kurver (indtil 500 m) bør man af Hensyn til Skinneslidet have noget større Overhøjde end de beregnede.

Overhøjde anvendes nu næsten altid. Overhøjden tilvejebringes ved, at ydre Skinne lægges højere end indre, der forbliver i den oprindelige Højde. Paa dobbeltsporede Strækninger lægges i Kurver de to Spors Inderskinner normalt i samme Højde over Planum; kun ved Overkørsler er det nødvendigt, for at faa den jævnest mulige Kørebane for den skærende Vej, at lægge de to midterste Skinner i omtrent samme Højde, og at lægge den inderste og yderste Skinne Overhøjdens Maal under henholdsvis over Midteskinnerne.

Overhøjden skal have sit fulde Maal i Kurvens Tangentpunkt, hvor der bruges Overgangskurver i Hovedkurvens Begyndelsespunkt.

Overhøjden afpasses som Regel efter den største Hastighed, med hvilken Hurtigtogene føres over den paagældende Strækning. Overhøjden for en dobbeltsporet Stræknings to Spor kan derfor være forskellig.

Overhøjden reduceres undertiden foran Stationer med indtil det halve. Paa Stationer reduceres den ofte paa samme Maade i de gennemgaaende Spor eller udelades helt, især naar Hurtigtogene holder paa den paagældende Station. Men hvor disse Tog skal køre igennem Stationen med uformindsket Hastighed, bør man ikke formindske Overhøjden hverken foran eller paa Stationen. I Sidespor udelader man Overhøjden.

Paa danske normalsporede Privatbaner anvendes Overhøjde bestemt ved Formlen

$$h^{mm} = \frac{m \cdot V}{R^m} = \frac{500 \cdot V}{R^m} = \frac{25000}{R^m}.$$

I USA¹⁾ har man en Tendens til at standardisere Overhøjden. 3'' à 3½'' er maaske den Overhøjde, man sætter mest Pris paa. Man hævder, at Hovedsagen er, at den valgte Overhøjde naas jævnt; det menes, at dette i Forbindelse med god Kurvejustering og rigtigt konstrueret rullende Materiel, giver behagelig rykfri Kørsel. Men fremfor alt hævder man, at det er et lidt overdimensioneret Skinneprofil, der er det vigtigste Grundlag for Afvikling af hurtig Trafik paa sikker og økonomisk Maade.

§ 3. 2. OVERGANGSKURVER

Forbindelsen mellem retliniet Spor og Spor i Kurve (Cirkelbue) udføres som en Kurve, hvis Krumning (det omvendte af Radius) og Overhøjde vokser proportionalt med dens Forløb.

Af Betydning for Udviklingen af Spørgsmaalet om Overgangskurver har været den stærke Forøgelse af Kørehastigheden og Anvendelse af Pilhøjde-maaling til Udstikning af Kurver.

Overhøjden skal have sit fulde Maal i Kurvens Tangentpunkt, — hvor der bruges Overgangskurve i Hovedkurvens Begyndelsespunkt.

Indenfor Overhøjderampen skal Radius i Overgangskurven aftage jævnt fra ∞ til R , idet Overgangskurven i hvert Punkt af Overhøjderampen skal

¹⁾ Olav Trætteberg: Styrgestrykk. Paakjenninger og spenninger i skinnene. M.f.N.S. 1940, S. 88.

have en Radius, der svarer til Overhøjden i det paagældende Punkt. Hensigten med Overgangskurven er, at man ved den skal opnaa en jævn Overføring af det rullende Materiel fra det lige Spor til Kurven.

Overhøjden er bestemt ved

$$h = \frac{sv^2}{gR}$$

og for et vilkaarligt Punkt af Overgangskurven (ξ , η) vil man da have

$$\eta = \frac{sv^2}{g\rho}$$

og

$$\eta = \frac{\xi}{i}$$

hvor i er Stigningen paa Overhøjderampen.

Man faar

$$\frac{\xi}{i} = \frac{sv^2}{g\rho}$$

og

$$\rho = \frac{sv^2 i}{g\xi}$$

Sættes

$$\frac{sv^2 i}{g} = C,$$

faar man

$$\rho = \frac{C}{x}.$$

En Kurves Krumningsradius er bestemt ved

$$\rho = \frac{\left[1 + \left(\frac{dy}{dx}\right)^2\right]^{3/2}}{\frac{d^2y}{dx^2}}$$

der kan skrives

$$\frac{d^2y}{dx^2} = \frac{\left[1 + \left(\frac{dy}{dx}\right)^2\right]^{3/2}}{C} \cdot x \quad (9)$$

Ligningen omfatter alle Kurver, hvis Krumningsradius er omvendt proportional med den tilbagelagte Vej. En Kurve af denne Art kaldes en *Radioide*; eftersom den tilbagelagte Vej maales som Abscissen, som Korden eller som Buen, faar man Ligningen for

$$\text{Abscisseradioiden} \quad \frac{x}{C} = \frac{\frac{d^2y}{dx^2}}{\left(1 + \left(\frac{dy}{dx}\right)^2\right)^{3/2}}$$

er lille, kan enhver af de tre Kurver anvendes som Overgangskurver. Ligeledes kan man anvende Kurven

$$Y = \frac{X^3}{3}$$

d. v. s. den kubiske Parabel

$$y = \frac{x^3}{6C} \quad (10)$$

som Overgangskurve. (Fig. 9).

Radius R og Konstanten C er kendt. Man skal finde Abscissens Længde l , Overgangskurvens Længde s , Parablens Begyndelsespunkt E i Forhold til det flyttede Begyndelsespunkt for Cirklen A_1 (Størrelsen a), Ordinaten e til Endepunktet af Parablen, Tangentvinklen φ_D og Forskydningen v .

Ved Hjælp af disse Størrelser er Overgangskurven og dens Stilling til Cirklen fastlagt. For et vilkaarligt Punkt af Overgangskurven er

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

altsaa

$$\operatorname{tg} \varphi = \frac{dy}{dx} = \frac{x^2}{2C}$$

og for D

$$\operatorname{tg} \varphi_D = \frac{l^2}{2C} \quad (11)$$

og

$$e = \frac{l^3}{6C} \quad (12)$$

Længden af Abscissen bestemmes ved

$$l = \frac{C}{R} \left(1 + \frac{l^4}{C^2} \right)^{1/2}$$

der, udviklet i Række, bliver

$$l = \frac{C}{R} \left[1 + \frac{3}{2} \left(\frac{C}{2R^2} \right)^2 + \frac{3}{2} \cdot \frac{25}{4} \left(\frac{C}{2R^2} \right)^4 + \dots \right] \quad (13a)$$

For store Værdier af C og R kan man med tilstrækkelig Nøjagtighed sætte

$$l = \frac{C}{R} \quad (13b)$$

Fejlen bliver størst, naar C er stor og R lille. C er stor for Hurtigtogsbaner, hvor R skal være stor; C er lille for Smaabaner med langsomme Tog, hvor ogsaa R som Regel kan blive lille. Den Fejl, der begaas ved at bestemme l efter (13b) i Stedet for efter (13a) kan under visse Forhold blive temmelig stor.

Bruges (13b), beregnes Længden af Overgangskurven af Ligningen

$$s = l \left(1 + \frac{1}{40} \cdot \frac{l^4}{C^2} \right) \quad (14a)$$

der i Praksis erstattes med

$$s = l \quad (14b)$$

Beliggenheden af Overgangskurven i Forhold til Cirklen kan bestemmes ved, at man efter (11) og (13b) for Tangenten i Parablens Endepunkter har

$$\operatorname{tg} \varphi_D = \frac{l^3}{2C} = \frac{l}{2R}$$

Da denne Tangent tillige er Tangent til Cirklen i D (Fig. 9), er

$$\operatorname{tg} \varphi_D = \frac{l-a}{R+v-e} = \frac{l}{2R}$$

eller

$$l-a = \frac{l}{2} \frac{R+v-e}{R} \quad (15a)$$

For smaa Radier maa denne Formel bruges; for de større Radier, der anvendes paa Hoved- og Sidebaner, kan man med tilstrækkelig Nøjagtighed sætte

$$l-a = \frac{l}{2}$$

altsaa

$$a = \frac{l}{2}. \quad (15b)$$

I Almindelighed lægges Overgangskurven med Halvdelen foran og Halvdelen bag Cirkelens Tangentpunkt.

Størrelsen af Forskydningen v bestemmes ved

$$v = e - R(1 - \cos \varphi_D) \quad (16a)$$

for større Værdier af Radius kan man med tilstrækkelig Nøjagtighed sætte

$$v = e - \lambda$$

altsaa

$$v = \frac{l^3}{6C} - \frac{l^2}{8R} = \frac{l^2}{24R}$$

$$v = \frac{1}{4} \cdot e. \quad (16b)$$

Man bør tage Hensyn til Overgangskurverne allerede ved Udstikningen af Midtlinien og ikke først senere indlægge dem i den af rette Linier og Cirkelbuer dannede Midtlinie. Ved Kurver med smaa Radier er Planumsbredden i hvert Fald ikke tilstrækkelig stor til at tillade Sporets Indrykning, hvorfor Linien her i hvert Fald maa udstikkes med Overgangskurver.

Konstanten C er bestemt ved

$$C = \frac{s \cdot v^2 \cdot i}{g}$$

hvor s er Sporvidden, v Kørehastigheden (m pr. Sek.), $\frac{1}{i}$ Stigningen paa Overhøjderampen, $g = 9,81$ m Tyngdens Acceleration. Heri er g og — for samme

Bane — s konstante; $\frac{1}{i}$ kan betragtes som variabel, og Kørehastigheden er naar man ser bort fra Smaabaner — som Regel ikke den samme for alle Tog.

Overgangskurver kan udelades, naar Hovedtangenternes Parallelforskydning bliver saa lille, at Overgangsparablen ikke mere kan udstikkes, d. v. s. for $v = 6-10$ mm.

Hvad Længden l af Overgangskurven angaar, tog man tidligere Rampens Stigning (1:300, 1:1000 el. lign.) som normgivende.

Af Praksis lærte man, at lange Ramper gav roligere Kørsel end korte, og man gav derfor følelsesmæssigt den skarpere Kurve en længere Overgangskurve, men holdt fast ved den retliniede Rampe. Man anvendte Ligningen

$$C = l \cdot R$$

eller

$$l = \frac{C}{R}$$

og satte f. Eks.

$C = 3000$ for Lokalaner	med	75 cm Sporvidde	$V = 30$ km/T
4500 - -	-	100 - -	35 -
6000 - -	-	1435 mm -	40 -
6000 - 12000 for Hovedbaner	-	- - -	60 -
12000 - 24000 -	-	- - -	80 -
36000 - 60000 -	-	- - -	80 -

Nu søger man ved Ombygning af Spor til større Hastigheder at anvende $C = 100000$. De anvendte Normer er forskellige efter Faldforhold, Vognenes Byggemaade m. m. En vidt drevet Nøjagtighed med Fiksering af C er ikke nødvendig, da Vognenes Byggemaade er forskellig.

Overgangskurvens Ligning

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

kan, da

$$C = \frac{sv^2 i}{g}, \quad h = \frac{sv^2}{gR} \quad \text{og} \quad l = hi,$$

skrives som

$$y = \frac{x^3}{6R \cdot l} \tag{17}$$

der ofte er bekvem at bruge.

del kunne anvendes, hvor der bruges mange skarpe Kurver, og Kørehastigheden er lille som f. Eks. paa smalsporede Bjergrbaner.

Var hidtil 120 km/T den største tilladte Hastighed, kører man nu nogle Steder 160 km/T, og man taler lejlighedsvis om 200 km/T. Tidligere var en Hastighed paa 100 km/T først tilladelig i Kurver med Radier fra 900 m og opefter; nu kører man gennem Kurver med 500 m Radius med denne Hastighed. Men derved fik man for Kurveformen store Vanskeligheder, fordi man var kommet til den Erkendelse, at Stigningen paa den retliniet stigende Overhøjderampe maa gøres afhængig af Hastigheden.

Det er derfor blevet almindeligt at fastsætte Stigningsforholdet

$$\frac{h}{l} = 1 : c V$$

hvor c er en Konstant. Saaledes fastsatte Stigningsforhold med samme Konstant c for alle Hastigheder giver samme Vinkelhastighed for Materiellets Drejning om den vandrette Længdeakse i alle Overhøjderamper, naar de gennemkøres med den planmæssige Hastighed. Men Stødvirkningerne ved Rampeenderne vil ved saaledes fastsatte Stigningsforhold stige proportionalt med Kørehastigheden.

En Rampestigning 1:n = 1:10 V anvendes for Hastigheder op til 160 km/T, og der synes at være Enighed om, at en jævnt stigende Rampe med saadant Stigningsforhold giver god Gennemkørsel og er tilfredsstillende for Maksimalhastigheden 160 km/T. Den væsentligste Indvending mod en saadan jævnt stigende Rampe med Stigningsforhold 1:10 V er at den bliver lang, saa den tilsvarende Overgangskurve kræver stor Indrykning af Cirkelbuen.

Længden af den jævnt stigende Rampe kan bestemmes paa tre Maader.

For den jævnt stigende Rampe skulde man være paa den sikre Side ved at gaa ud fra $n = 1600$ for 160 km Hastighed som Basis for Beregning af ensartet Stigningsforhold for lavere Hastigheder.

For en anden Hastighed V_1 , faas da :

$$n_1 = \frac{1600}{160^2} \cdot V_1^2 = \frac{V_1^2}{16}$$

Eksempelvis er for $V_1 = 75$ km :

$$n_{75} = \frac{75^2}{16} = 352$$

hvorefter faas $\frac{h}{l} = 1:352$ og nødvendig Rampelængde $l = 352 h$.

Var Hastighedsskalaen beregnet efter $V = 4 \sqrt{R}$ vilde man have faaet

$$\frac{h}{l} = 1 : R$$

og nødvendig Rampelængde $l = \frac{R}{1000} \cdot h$, naar h indsættes i mm.

De efter denne Udvikling beregnede Mindstelængder for Overhøjderamperne kan skrives $l_1 = \frac{n}{1000} \cdot h$

Ved Fastsættelse af de nødvendige Længder for Overgangskurverne maa man tage Hensyn til det ovenfor omtalte Ryk ψ og dermed til en blød Overgang mellem ret Linie og Cirkelbue.

Rykket ψ er Maal for Sideaccelerationens Variation pr. Tidsenhed under Kørslen gennem Overgangskurven. Er Sideaccelerationen $p = 0,49 \text{ m/Sek.}^2$ for hele Kurveskalaen, bliver Rykket

$$\psi = \frac{0,49 V}{l \cdot 3,6}$$

Man faar heraf

$$l = \frac{0,49 V}{\psi \cdot 3,6}$$

ψ sættes lig $0,20 \text{ m/Sek}^3$, og den nødvendige Længde l_2 af Overgangskurven bliver saaledes $l_2 = 0,68 V$.

Det antages, at der er taget Hensyn til en blød Overgang fra Retlinie til Cirkelbue, naar Længden af Overgangskurven er gjort saa stor, at Accelerationen ε for den drejende Bevægelse om Materiellets lodrette Akse ikke overstiger en vis Værdi. Hastigheden V har Hovedindflydelsen; muligt optrædende ubehagelige Svingninger i Vognene er afhængige af den Drejningsacceleration (og ikke Drejhastighed) med hvilken Vognkassen bliver drejet om sin Længdeakse og saaledes hælder mere til Siden. Kører en Vogn helt paa en lige Rampe, forbliver dens Drejhastighed konstant. Ved Ændring af Drejhastigheden — d. v. s. ved Begyndelsen og Enden af Rampen, optræder der en Drejeacceleration eller en Drejeforsinkelse, der fremkalder en Kraft, der mærkes i Vognen. Jo blødere denne Ændring foregaar, desto

mindre bliver den forstyrrende Drejekraft. Dette fører til den svungne Rampe, hvor Drejningen vokser lidt efter lidt for derefter at holde op.

Udtrykket for Accelerationen ε er

$$\varepsilon = \frac{V^2}{12,96 R \cdot l} \text{ 1/Sek.}^2$$

hvorefter den herefter nødvendige Længde af Overgangskurven bliver $l_3 = \frac{V^2}{12,96 R \cdot \varepsilon}$; ε kan sættes lig $0,025 \frac{1}{\text{Sek.}^2}$ og man faar da $l_3 = 3 \frac{V^2}{R}$

Om Valget af $\psi = 0,20 \text{ m/Sek.}^3$ og $\varepsilon = 0,025 \frac{1}{\text{Sek.}^2}$ kan nævnes, at Værdien af ψ anses for en passende Maksimalværdi for Hurtigtogskørsel paa fri Bane, og at Værdien har givet tilfredsstillende Overgangskurver for de Hastigheder, de var beregnet for.

Af de paa den foran beskrevne Maade fundne Længder l_1 , l_2 , og l_3 anvendes den største Længde af Overgangskurven.

For de skarpeste Kurver bliver Længden l_3 størst. Man kan da forøge Overhøjden saa meget, som Hensynet til Rampestigning og til Rykket ψ tillader. I de Tilfælde, hvor Længderne l_2 er de største, kan Overhøjden forøges noget, hvorved Sideaccelerationen og dermed Rykket ψ formindskes, og Behovet for Længde bliver mindre. Det gælder da om at finde den Længde og den Overhøjde, som sammen giver den forudsatte Rampestigning og den forudsatte Værdi for Rykket.

Man har bestemt Rampestigningen som Funktion af Hastigheden ved Formlen

$$1 : n = 1 : 10 V$$

($V =$ Hastigheden i km/T), hvis Ind- og Udkørsel til Overhøjderampen skal være upaaklagelig.

Dertil svarer for Længde af Rampe og Overgangskurve

$$l \geq 10 V \cdot h \tag{18}$$

hvor l er Overgangskurvens Længde (m) h Overhøjden (m). Men da Overhøjden efter Ligningen

$$h = \frac{0,008 V^2}{R} \tag{19}$$

hvor R er Radius (m) afhænger af Hastighedens Kvadrat, faas for Overgangskurvens Længde efter Ligningerne (18) og (19)

$$l \geq 0,08 \frac{V^3}{R} \quad (20)$$

Indlægges den kubiske Parabel som Overgangskurve, bliver en Sideforskydning v af Cirkelbuen ind mod Kurvecentret nødvendig; den har Størrelsen

$$v = \frac{l^3}{24 R} \quad (21)$$

Indsætter man heri Værdien for l efter Ligning (20), faar man

$$v \geq 0,000267 \frac{V^6}{R^3} \quad (22)$$

Naar man derfor for en given Kurveradius R forøger Hastigheden, vokser den nødvendige Sideforskydning med 6. Potens af Hastigheden. I mange Tilfælde vil Sideforskydningen blive saa stor, at den kun kan udføres for store Bekostninger eller maaske slet ikke. Man har derfor mildnet Kravet om Rampe-længde noget, idet man nøjes med en Rampehældning 1:8 V, d. v. s. med en Længde af Overgangskurven paa $l = 8 Vh$. Men ogsaa det giver Sideforskydninger, der ofte ikke kan gennemføres.

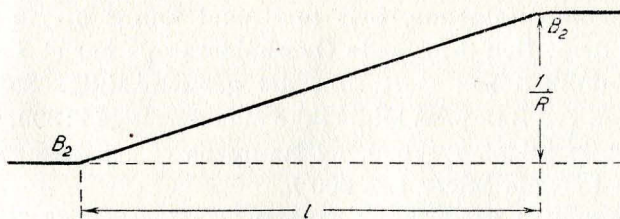


Fig. 11.

I Stedet for den jævnt stigende Rampe (Fig. 11) har man begyndt at anvende en Rampe (Fig. 12), ved hvilken man i Begyndelses- og Endepunkt i et lodret Plan indlægger en Overgangskurve, for at Ind- og Udkørsel til og fra Rampen skal foregaa jævnt og uden Stød.

Indrykningen v ved Enden af Overgangskurven reduceres derved til Halvdelen og bliver

$$v = \frac{l^2}{48 R} \quad (23)$$

hvor l er Længden af Overgangskurven efter den nye Metode.

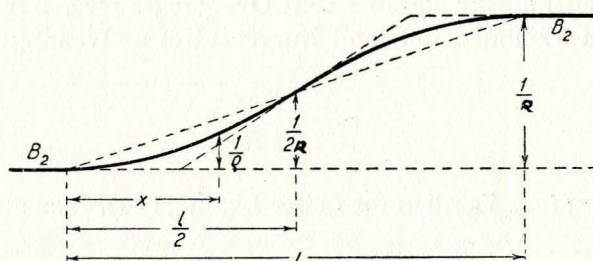


Fig. 12.

Ved den gamle Metode var Stigningen i Overhøjdediagrammet konstant og lig $\frac{h}{l}$; efter den nye Metode faar Stigningen en Maksimumsværdi, der er dobbelt saa stor $2 \frac{h}{l}$. Erfaringen har vist, at det ikke af den Grund er nødvendigt at forøge Længden af Overgangskurven, takket være den Kontinuitet, den nye Metode giver i Tracé og Længdeprofil ved Begyndelsen og ved Enden af Overgangskurven.

Ogsaa, naar de nye Former anvendes, bør Overhøjderampe og Overgangskurve være sammenfaldende, hvis man skal kunne opnaa den tilsigtede gode Kørsel i dem. Den S-formede Overhøjderampe har et Stigningsforhold paa Midten, dobbelt saa stort som det gennemsnitlige Stigningsforhold. Hvis Stigningen ved Rampens Midte ikke maa overstige 1:300, vil der kræves en gennemsnitlig Stigning 1:600, og Rampens — og dermed ogsaa Overgangskurvens Længde bliver $l = 600 h$.

Der er ikke noget i Vejen for at have et forholdsvis stort Stigningsforhold inde i selve Rampen. Den drejende Bevægelse om den vandrette Længdeakse foregaar ved en jævnt stigende Rampe med konstant Vinkelhastighed, Accelerationen er lig 0, og det medfører ikke Ulemper, hvis Vinkelhastigheden er stor. Begrænsningen for Stigningsforholdet er, hvad Materiellet kan taale af Vindskævhed, og det menes, at en Stigning 1:300 er fuldt tilfredsstillende. Det er de Stødvirkninger og Hjultryksvariationer, som er forbundet med

Igangsætning og Afslutning af den drejende Bevægelse, der nødvendiggor fladere Ramper for de større Kørehastigheder.

Hvis man alene tager Hensyn til Driftssikkerheden og ikke til roligst mulig Kørsel, kunde man anvende lige Ramper med større Stigninger end 1:10 V, som man ogsaa tidligere har gjort. Men ved Udformningen af Overgangskurven drejer det sig ikke om Driftssikkerhed men alene om at skaffe med mindst mulig Udgift, de overbygningstekniske Forudsætninger for saa rolig og blød Kørsel som muligt ved store Hastigheder. Teoretiske Undersøgelser og praktiske Erfaringer har vist, at dette naas bedst ved Anvendelse af Overgangskurver med S-formet Overhøjderampe.

Anvender man den S-formede Kurve, maa man med ustabile Grundforhold, som man især om Vinteren ofte maa regne med, have saa enkle Former som muligt, hvis man med overkommeligt Arbejde skal kunne holde den nogenlunde vedlige efter Forudsætningerne.

Der kræves hertil et kraftigt Underlag under Sporet, saa det kun vil være paa Hovedbaner, de mere udviklede Former kommer til Anvendelse.

Den særlige Fordel ved de S-formede Overhøjderamper er, at Stødvirkningerne ved Rampeenderne undgaas. Dette har sin store Betydning, naar det gælder meget store Hastigheder. Men ved moderate Hastigheder op til 100 km/T, bliver Betydningen mindre. Det er det rejsende Publikums Bekvemmelighed, det i første Række kommer an paa, og det Vognmateriel, som bruges i Hurtigtogene har forholdsvis stor Akselafstand. Vognens Tyngdepunkt vil under Passage over en Overhøjderampes Knæpunkter beskrive en Slags Overgangskurve af Længde lig Akselafstanden — eller Boggiecenterafstanden; dette formindsker Stødvirkningerne, saa de ikke føles ubehagelige for det rejsende Publikum.

De tidligere benyttede Fremgangsmaader til Kurveudstikning beror paa Anvendelse af Trigonometri og Geometri. Kurvepunkterne faas over forskellige Hjælpestørrelser, Vinkler, Tangenter, Tangentlængder, Abscisser, Ordinatorer, o. s. v. og disse Hjælpestørrelser har ikke Betydning, naar Ud-stikningen er endt. De maa alligevel maales, beregnes og slæbes med gennem hele Regningen.

Ved Pilhøjdemetoden fremstilles Kurvens Forløb direkte uden Omvejen over Abscisser, Ordinatorer og andre Hjælpestørrelser; denne Fremgangsmaade til Kurveudstikning foretrækkes derfor af mange paa Grund af dens Nøjagtighed og Tilpasningsevne til Forholdene. Vanskelige Opgaver kunde med den gamle Fremgangsmaade ofte kun løses ved langvarige Forsøgsudstikninger,

medens Pilhøjdemetoden sikkert og let løser saadanne Opgaver. Metoden er i saa almenlydig Form, at den gør det muligt at udstikke Buer med enhver Krumning nøjagtigt og paa simpel Maade.

I USA er Overgangskurverne paa Hovedbaner formet efter en kubisk Parabel, og det almindelige er, at denne skal falde sammen med Overhøjderampen. Overgangskurvens og Overhøjderampens Længde er f. Eks. en lineær Funktion af Overhøjde og maksimal Toghastighed paa Strækningen, idet Toget ikke maa løftes henholdsvis sænkes mere end $1 \frac{1}{4}$ " (ca. 32 mm) pr. Sek.

Omsat i Metermaal bliver Formlen

$$l = 0,0089 h \cdot V$$

hvor l = Overgangskurvens Længde (m)

h = Overhøjden (mm) og

V = maksimal Toghastighed (km pr. Time).

Med en Overhøjde paa 75 mm og en Toghastighed paa 80 km/T, faar man efter disse Bestemmelser en Længde af Overgangskurven

$$l = 0,0089 \cdot 75 \cdot 80 = \text{ca. } 53 \text{ m.}$$

Nogen nærmere Begrundelse for Ligningen findes ikke, den er formentlig blot et Udtryk for, at hurtige Vertikalbevægelser virker ubehageligt. 32 mm/Sek. finder Amerikanerne tilfredsstillende.

§ 4. DET FRIE PROFIL

En Jernbanes Tværprofil skal være saa stort, at der er den nødvendige Plads til Passage for Banens Vognmateriel. Det »frie« Profil angiver Tværsnitskonturen af det til Banevognenes Passage nødvendige frie Rum over Sporene. Ud over dette Rum maa det rullende Materiel ikke naa, og ude fra maa Bygninger, Broer, Perroner m. m. ikke naa ind i det frie Profil.

Det frie Profil er forskelligt for forskellige Arter af Baner, og mellem de forskellige Landes frie Profiler er der selv for samme Art af Baner, nogen Forskel; men af Hensyn til den gennemgaaende Jernbanetrafik har man ved international Overenskomst fastslaaet Minimumsdimensioner for normal-sporede Jernbaners frie Profil.

I Fig. 13, 14, 15 og 16 er vist de for De danske Statsbaner gældende Grænser for det frie Rum over Sporene. Fig. 13 gælder for Spor paa fri Bane, Fig. 14 for Stationernes Hovedspor og Forbindelsesbaner mellem Stationer og Havnespor, Fig. 15 for Stationernes Sidespor, Havnespor, private Spor og lignende og Fig. 16 for Spor i Værksteds- og Remisebygninger.

Fritrumsprofilerne A, B og C gennemføres ved Nyanlæg og ved Ombygning af bestaaende Anlæg. Profil A gælder i Almindelighed, Profil B for Broer og lignende Bygværker, Profil C for Perroner og andet tilsvarende. Profil D er tilladt for bestaaende Anlæg. Profilerne EA, EB og E (der dækker

Den fri Bane, Stationernes Sovedspor
 samt Forbindelsesbaner mellem Stationer og Sovedspor.
 For nye Omlæg og Forandringer af bestående. For bestående Omlæg.

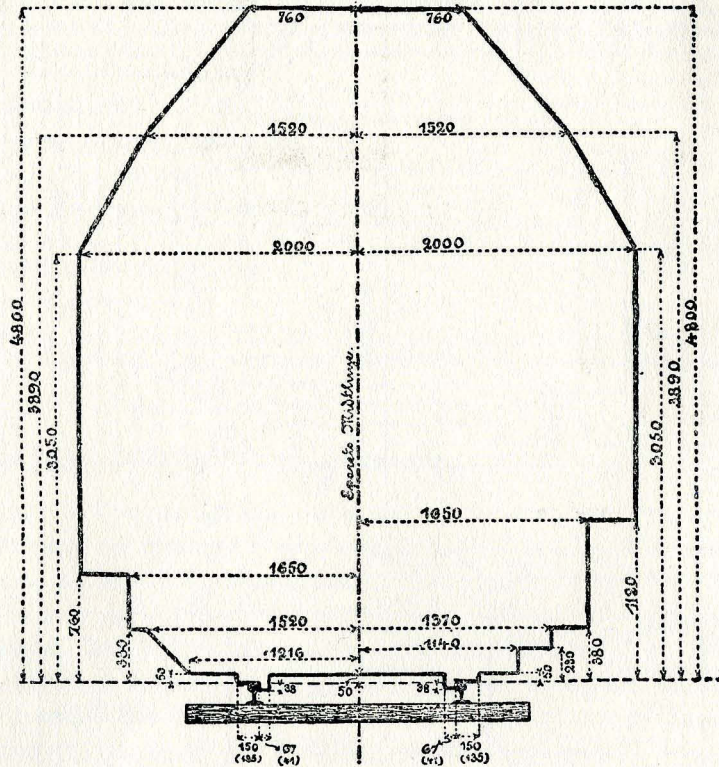


Fig. 17. Danske normalsporede Privatbaner: Det frie Profil for Hovedspor paa fri Bane og paa Stationer.

Strømaftageren) skal gennemføres paa elektrificerede Strækninger eller Strækninger, der kan ventes elektrificeret.

Profilernes Breddemaal varierer med Kurveradius.

Den store Bredde af det frie Profil giver Plads til aabne Kupédøre eller til Konduktører paa de udvendige Trinbrædter, medens den store Højde giver Plads til Ventilationsskorstene, Bremskupéer og større Læs paa Godsvognene. Derimod er der ikke Plads til, at et Menneske kan staa oprejst ovenpaa Vogntaget.

Varehus- Læsse-
Depotspor og deslige - Værksted-
og Remisespor.

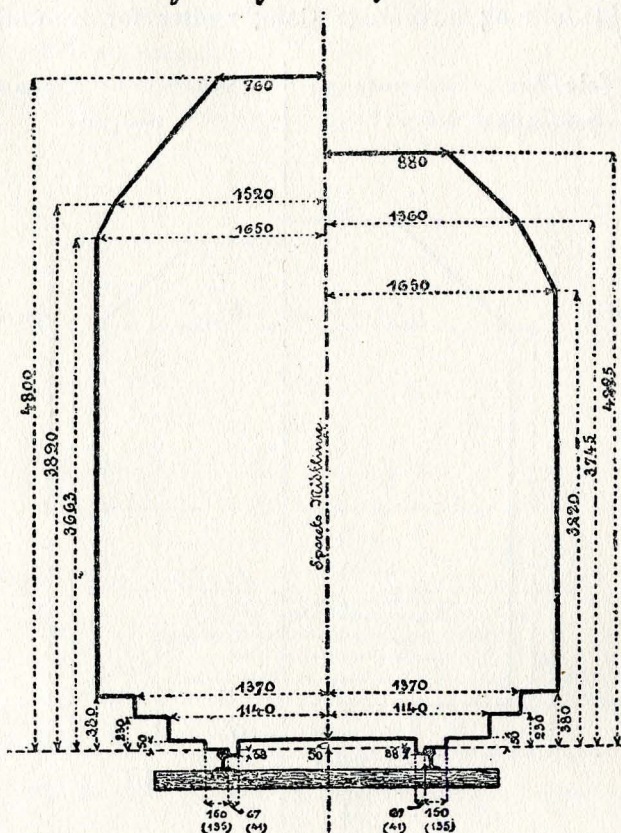


Fig. 18. Danske normalsporede Privatbaner: Det frie Profil for Varehus-, Læsse-, Depotspor og lign. samt Værksted- og Remisespor.

Dybden 38 mm af Sporrillen skal være til Stede, selv naar Skinnehovedet er mest afslidt.

Konstruktionsprofilerne for Personvogne og lukkede Godsvogne, og Læseprofilerne for aabne Godsvogne følger nogenlunde det frie Profil, saaledes at de ligger helt indenfor dette med et lille Spillerum til alle Sider af Hensyn til Driftsmateriellets Sideforskydninger ved Slingringer under Kørslen o. lign. Spillerummet formindskes i Kurver, fordi den stive Vognkasse ved Midten vil skydes indefter og ved Enderne udefter i Kurven. Fritrumspro-

filernes Breddemaal forøges derfor i Kurver. For Personvognenes Vedkommende maa Spillerummet paa Siderne være betydeligt større, naar Vognene skal have Sidedøre og udvendige Gangbrædter for Konduktører (Kupé-

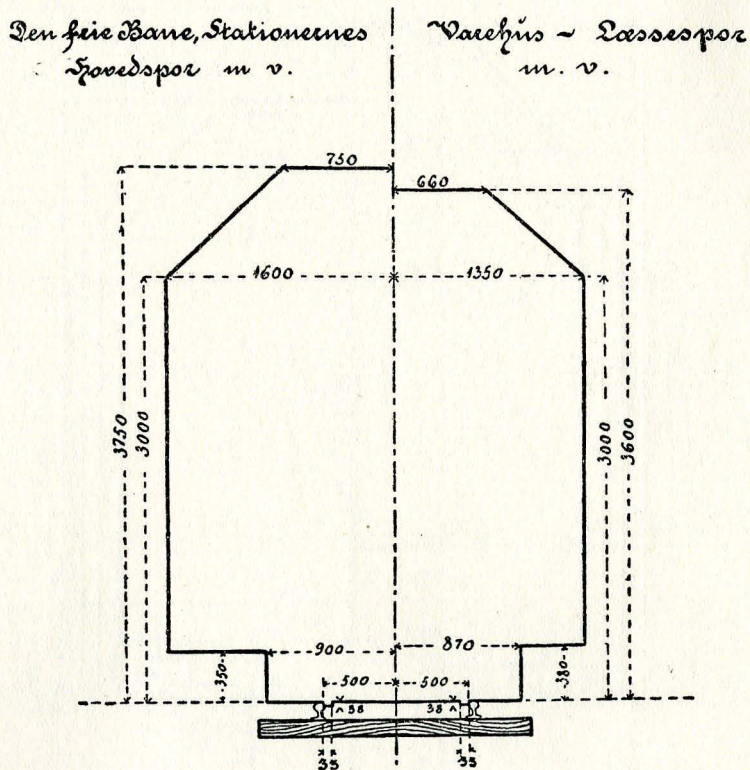


Fig. 19. Det frie Profil for danske 1 m sporede Baner.

vogne), end naar de faar Døre i smallere Forrum i Vognenes Ender og indvendige Længdegange (Gennemgangsvogne). Konstruktionsprofilen for Vogne kan variere en Del for de forskellige Baner, medens det frie Profil bør holdes fælles for alle normalsporede Baner, uden Hensyn til om det er Hovedbaner eller Lokalbaner.

Ved Bygning af Perroner o. lign. i Kurver skal der tages Hensyn til, at Spillerummet mellem Fritrumsprofilen og Vognmateriellets Omkredslinier paa saadanne Steder er væsentligt formindsket.

Læssede Vogne skal holdes indenfor det saakaldte Læseprofil. Paa de Stationer, hvor Statsbanerne overtager udenlandske Vogne til videre Befor-

dring, er der opstillet Skabeloner, ved hvis Hjælp man kan sikre sig imod, at Vogne med for stort Læs eller Profil kommer ind paa de danske Baner.

I Fig 17 og 18 er vist Grænserne for det frie Rum over Sporene ved danske normalsporede Privatbaneanlæg.

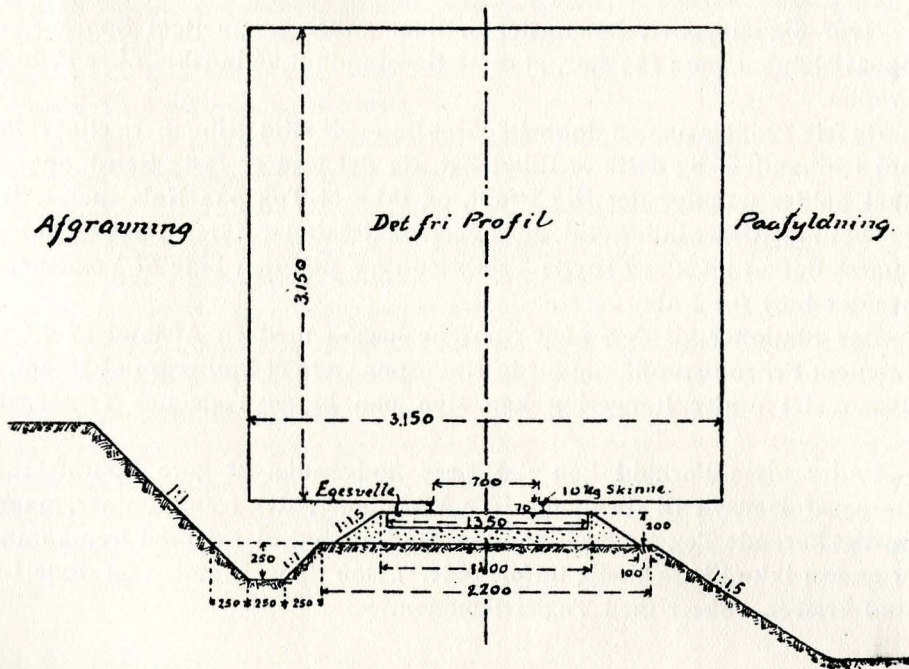


Fig. 20. Det frie Profil for Damproebaner paa Lolland.

For smalsporede Jernbaner fastsættes frie Profiler for de forskellige Sporvidder, men man har dog ikke her gennemført samme internationale Ensartethed som for normalsporede Baner. Dette kan heller ikke anses for nødvendigt, da de enkelte smalsporede Baner som Regel ligger isolerede, saa der ikke bliver Mulighed for at føre den ene Banes rullende Materiel over paa den anden. I Fig. 19 er vist det frie Profil for danske 1 m Baner.

I Fig. 20 er vist det frie Profil for de lollandske Damproebaner.

Afstanden mellem to Spor bestemmes i Hovedsagen ved Bredden af Læsseog Konstruktionsprofilet, idet der dog sørges for et passende Spillerum.

Ved Nyanlæg og ved Ombygning af bestaaende Anlæg kræves ved De danske Statsbaner følgende Sporafstande:

- Paa fri Bane: a) Mellem et Dobbeltspors to Spor \geq 4250 mm
b) Mellem parallelløbende Enkeltspor
mellem parallelløbende Dobbeltspor
mellem Enkeltspor og Dobbeltspor \geq 4750 mm
Paa Stationer: a) Mellem et Dobbeltspors to Spor \geq 4250 mm
b) Mellem andre Spor \geq 4500 mm

Hvor Signalmaster, Lysmaster o. lign. anbringes mellem Sporene, skal Sporafstanden være saa stor, at disse Genstande ikke indskrænker Fritrumsprofilen.

De frie Profiler paa en dobbeltsporet Bane vil altid gribe mere eller mindre ind i hinanden, og dette er tilladeligt, da det kun er faste Genstande, som skal holdes udenfor det frie Profil, og ikke et Tog paa Nabosporet. Dette Forhold medfører imidlertid, at Togpersonalet under Kørslen paa en dobbeltsporet Bane kun kan benytte Trinbrædterne paa den Side af Vognene, der vender bort fra Nabosporet.

Paa Stationer vil der, naar Sporene lægges med en Afstand af 4,50 m, imellem Fritrumsprofilerne for to Nabospor være et Spillerum af 10 cm, saa Personalet under Rangering kan staa paa begge Vognenes Trinbrædter.

Under visse Forhold kan det være nødvendigt at gøre Sporafstanden større af Hensyn til de dynamiske Virkninger, der fremkommer, naar to hurtigt kørende Tog møder hinanden. De Luftstød, der derved fremkommer, er endnu ikke tilstrækkelig udforskede.¹⁾ Den Sporafstand, som disse Luftstød kræver, vokser med Toghastigheden.

§ 5. OVERBYGNINGSSYSTEMER

Jernbaners Overbygning kan efter *Skinneform* deles i

Overbygning med Stolskinner og

Overbygning med Vignoleskinner.

Efter Skinnernes *Understøtningsmaade* kan man dele i

Spor paa Tværsveller,

Spor paa Længdesveller og

Spor paa Enkeltunderstøtninger.

Efter det til Understøtningerne anvendte *Materiale* kan man dele i

Spor paa Understøtninger af Sten,

Spor paa Understøtninger af Træ,

Spor paa Understøtninger af Jern.

¹⁾ Dansk Vejtidskrift 1943. S. 73.

De Overbygninger, der anvendes er især *Stol- og Vignoleskinner paa Tværsveller af Træ eller Jern*.

Paa Jernbanerne i Europa og Nordamerika anvendes alene Tværsvelleoverbygning, fordi den bedst tilfredsstiller de Krav, som stærk Trafik stiller; ved at forøge eller formindske Antallet af Sveller pr. Skinnelængde kan man afpasse Overbygningen efter de forskellige Baneliniers Krav. Træsveller anvendes langt mere end Jernsveller, idet disse sidste omtrent kun er blevet anvendt i Tyskland og Schweiz.

Stolskinner anvendes i England og i det vestlige Frankrig, mens man ellers omtrent udelukkende bruger Vignoleskinner.

Efter de hidtil gjorte Erfaringer er man kommet til det Resultat, at Overbygninger paa Understøtninger af Sten og paa Langsveller ikke bør anvendes.

Spor paa Enkeltunderstøtninger af Jern anvendes næsten kun i tropiske Egne. Sveller af Træ ødelægges her hurtigt, og den Ballast, man kan disponere over, er ofte Sand eller Jord af saa daarlig Beskaffenhed, at Skinneunderstøtningernes Areal skal være saa stort som muligt; men dette opnaas lettere ved Enkeltunderstøtninger uden alt for stor Bekostning. Og da desuden Jernbanerne i saadanne Lande som Regel kun har ringe Trafik og ogsaa kun ringe Hurtigtrafik, har de Mangler, der findes ved Enkeltunderstøtninger, at man vanskeligt kan holde Sporet med rigtig Højde, Retning og Sporvidde, ikke saa stor Betydning som paa stærkt trafikerede Baner i Europa og Nordamerika.

§ 6. SKINNEN

1. SPORETS HISTORISKE UDVIKLING

De første Spor var Træspor, der blev anvendt i Bjergværker ved Transport af Malm; i England blev Træspor lagt i Vejene fra Kulminerne til Havnene, for at Kultransporten kunde blive billig.

Dette Spor blev forbedret, først ved at man lagde en Planke af haardt Træ som Slidskinne oven paa Køreskinnerne, senere i 1767 af *Reynolds*, der udførte disse Slidskinner af Støbejern. I 1799 anvendtes paa en Kulbane i Derbyshire, Skinner, der paa Undersiden havde en Forstærkningsribbe, og som paa Grund af deres særlige Form fik Navnet Fiskebugsskinner.

Som Underlag blev benyttet Stentærninger, der laa med 4' Afstand uden Tværforbindelser, og Skinnerne hvilede med paastøbte Ansatser paa Tærningerne. Senere anvendtes særlige Stole til at optage Skinneenderne.

Efter at det i 1820 var lykkedes *John Berkinshaw* at udvalse Smedejern

i lange profilerede Stænger, blev det muligt at fremstille brugelige Smedejærns Skinner. I Begyndelsen gav man disse, der blev valsede i 15' Længde, Fiskebugsform svarende til Afstanden mellem Understøtningerne, og denne Skinne blev første Gang anvendt paa Stockton-Darlington Banen, der blev aabnet 1825. Allerede faa Aar efter anvendte man valsede Skinner med samme Tværnsnit paa hele Længden, der er en direkte Forløber for Stolskinneoverbygningen. Den valsede Fiskebugsskinne blev anvendt paa Liverpool-Manchesterbanen.

I Amerika konstruerede *Stevens* en bredfodet Skinne, der i 1836 blev anvendt af *Vignoles* i England paa Langsveller af Træ og har faaet hans Navn. Ved en stadig Række af Forbedringer er man naaet til de Konstruktioner, der nu anvendes.

2. SKINNEMATERIALET

Som Skinnemateriale benyttes næsten udelukkende Flusstaal, enten fremstillet efter Bessemermetoden (den sure) eller efter Martin-Siemens- og Thomasmetoden (den basiske).

Skinnens Tværprofil har stor Indflydelse paa dens enkelte Deles ensartede eller uensartede Afkøling efter Valsningen og dermed paa Staalets Godhed; ved ensartet Afkøling undgaas uregelmæssige Spændinger.

Den kemiske Sammensætning har Indflydelse paa de fysiske Egenskaber; rent Metal har mindre Haardhed (Styrke) og forholder sig mere regelmæssigt og er mere sejt end Staal med mange fremmede Indblandinger.

Skinnehovedet skal være modstandsdygtigt mod Slid; Skinnematerialet skal have en vis Modstandsevne mod Brud og en vis Sejghed. Som Maal for Modstandsevnen mod Brud bruges Træk- og Trykstyrken, som Maal for Sejgheden Forlængelsen ved en Trækprøve; Slag- og Bøjepøver giver Oplysning om Materialets Sejghed.

Man har altid søgt at forøge Trækstyrken, og en maadeholden Forøgelse har ikke medført et forøget Antal Skinnebrud. Høje Temperaturer er uden nævneværdig Indflydelse paa Brudsikkerheden, medens lavere Vintertemperaturer — især for kulstofholdige Staalsorter med større Trækstyrke — medfører en Formindskelse af Modstandsevnen mod dynamiske Paavirkninger.

Styrkeforøgelsen betinges af et voksende Kulstofindhold, der hos et ulegeret Staal giver en voksende Slag - og Stød- og fremfor alt Kærvfølsomhed. Kærvdannelser, der er medvirkende som Brududgangspunkt, er Beskadi-

gelses, der vanskeligt kan undgaas under Skinnetransporten, ved Indbygningen og ved Sporets Vedligeholdelse, og som især rammer Skinnefoden.

Paa lignende Maade virker Uregelmæssigheder i Strukturen, Lunker, Sejgringer, Valsefejl, uegnet Afkøling, ligesom de af Rullerettmaskinen forårsagede Egenspændinger.

Den nuværende Trækstyrke har paa retliniet Bane vist sig tilfredsstillende; paa Stigninger og i Kurver vilde en større Levetid være ønskelig.

Slidfaste Skinner fremstilles som

a) *naturhaarde Skinner*, hvor de særlige Slidegenskaber faas ved et større Kulstofindhold (0,80—0,85 %).

b) *varmebehandlede Skinner*, hvor Skinnehovedet har været underkastet en Hærdning, enten ved at det endnu glødende Skinnehoved udsættes for en afkølede Luftstrøm (Sandbergmetoden), eller ved at Skinnehovedet dyppes i et Trug med rindende Vand. Varmebehandlingen kan drives saa vidt, at man i Staalets Overflade faar *martensitisk* Struktur, eller saaledes, at man nøjes med den noget blødere *sorbitiske*:

c) Skinner af *legerede* Staalsorter, hvor Slidmodstanden forøges, ved at der tilsættes Stoffer som Mangan, Chrom, Vanadin m. fl.

d) *Dobbeltstaalskinner*, hvor Skinnehovedet bestaar af et slidfast Specialstaal, medens Krop og Fod er fremstillet af almindeligt Skinnestaal.

Ogsaa andre Omstændigheder end en Forøgelse af Trækstyrken, fremfor alt en forøget Renhed af Staalet medvirker til at forøge Slidstyrken; Ensartethed og Regelmæssighed i Strukturen virker i samme Retning.

Man har gjort den Erfaring, at gamle Skinner fra 1880erne og 1890erne ofte viser større Slidstyrke end moderne Staalskinner, skønt disse bestaar af et renere og bedre Materiale end de gamle Skinner, som ofte er fulde af Sejgringer og Slakker og har et stort Indhold af Fosfor og Svovl. Man mener, at de gamle Skinner, da de blev lagt, var udsat for lettere og langsommere Trafik end vore Dages store Akseltryk og Hastigheder. Under den lettere Trafik blev Skinnernes Køreflader hærdede ved Koldtvalsning og derved i Stand til med større Modstand at kunne bære den senere svære og hurtige Trafik. Nutidens svære Trafik skulde altsaa straks udøve et saa stærkt Slid, at der ikke bliver Tid til, at der ved Koldtvalsningen kan dannes et tilstrækkelig modstandsdygtigt Slidlag.

3. MODTAGEPRØVER

Som Modtageprøver anvendes kemiske og mekaniske Prøver samt Strukturundersøgelser.

Kemiske Prøver. Det er især Indholdet af Fosfor og Svovl, man søger at begrænse. For snævre Grænser for Fosforindholdet kan udelukke Thomasstalet. Lande, der selv har Thomasstaalværker mener ikke at burde foreskrive Grænser, da man ved de mekaniske Prøver har sikret sig tilstrækkeligt imod, at der leveres Skinner med uhensigtsmæssig Sammensætning og for stor Skørhed.

Den kemiske Modtageprøve kan ikke udføres paa Valseværket, og Udgifterne bliver ikke uvæsentlige.

Da Staalets Trækstyrke afhænger af den kemiske Sammensætning, fastsættes undertiden bestemte Betingelser herfor.

De danske Statsbaner forlanger, at Skinner og Tvangskinner skal forfærdiges af Staal af ensartet Haardhed og Kvalitet, at Fosforindholdet ikke maa overskride 0,075 %, og at Staalet »forøvrigt skal have en saadan Sammensætning, at de deraf valsedede Skinner opfylder de for Materialets Godhed og Styrke fastsatte Bestemmelser«. Endvidere forlanges, at der til Undersøgelse af Staalets Sammensætning foretages Kulstof- og Fosforundersøgelser for hver Blæsning og fuldstændige kemiske Analyser i passende Omfang. Alle disse Prøver udføres med en Skinne, der udtages blandt f. Eks. 200 færdige Skinner.

I USA anvendes for Skinneleveringer til Medlemmer af Association of American Railroads følgende Bestemmelser for Materialets kemiske Sammensætning:

Skinnevægt pd/yd	C%	Mn%	Ph% højest tilladt	Si %
70—84	0,53—0,70	0,60—0,90	0,04	0,10—0,23
85—100	0,64—0,77	0,60—0,90	0,04	0,10—0,23
101—120	0,67—0,80	0,70—1,00	0,04	0,10—0,23
121—140	0,69—0,82	0,70—1,00	0,04	0,10—0,23

1,2
(M.J.) En blødere Skinne kan have en C % paa ca. 0,5, en Mn % paa højest ca. 0,7, et tilladt Fosforindhold paa 0,075 %. I USA giver Materialets kemiske Sammensætning haarde og slidstærke Skinner, og det er det, man har haft Brug for. Men man faar saa ogsaa Ulemper, som man med en blødere Skinne kender mindre til, og da især Brudfaren. Mens der for blødere Skinner vistnok ikke forekommer Træthedsbrud, er ca. $\frac{1}{5}$ af de amerikanske Brud netop Brud af denne Type. Man søger ude paa Linien at finde Fejlene, før de bliver trafikfarlige, og i Valseværker og Laboratorier undersøges Aarsager og Forhold ved Fremstillingen.

Mekaniske Prøver. Trækprøven er altid en vigtig Prøve ved Materialeundersøgelse og egner sig som Modtageprøve, selv om den kun omfatter en Del af Tværprofilet. Man tager som Regel Trækprøver fra Skinnehovedet og vil, naar der ses bort fra Skinner af sammensat Materiale, kunne antage, at Krop og Fod vil give lignende Værdier.

Staal med stor Brudstyrke har som Regel mindre Sejghed end blødere Staal, og man tillægger den ved Trækforsøg fundne Forlængelse mindst lige saa stor Betydning som Trækstyrken, fordi en Skinnes Sikkerhed mod Brud afhænger baade af Staalets Sejghed og af dets Trækstyrke.

Trækstyrken kan bestemmes ved Træk- eller Bøjeforsøg; gøres det ved Trækforsøg, faar man lavere Værdier end ved Bøjeforsøg. Skinner med en Styrke mod Træk paa 50 kg pr. mm² kan for hvilende Belastning taale en Bøjningsspænding paa 60 kg pr. mm².

De danske Statsbaner overlader til Fabrikanten selv at bestemme Staaltilvirkningsmaaden, og man har da ogsaa faaet leveret Skinner fremstillet saavel efter den sure Bessemerproces (England) som efter den basiske Thomasproces (Frankrig og Tyskland) samt efter den basiske Siemens-Martinproces (USA).

(England)
De danske Statsbaner forlanger

Aar	Mindste Brudstykke i kg pr. mm ²	Mindste Brudforlæn- gelse paa 20 mm Maalelængde i %
1891.....	50	14
1897.....	55	14
1910.....	60	14
1920.....	65	12
1930.....	70	12

De danske Statsbaner foreskriver:

Der kan foretages en Træk- eller Trykprøve for hver ca. 100 ts Skinner.

Trækprøverne foretages med cylindriske Stænger af 20 mm Tværmaal og 200 mm effektiv Længde. Prøverne skal udvise en Brudstyrke af mindst 70 kg og højest 80 kg pr. mm². Brudforlængelsen skal ved 70 kg pr. mm² Brudstykke være mindst 12 %; ved Brudstyrker over 70 kg pr. mm² skal Forlængelsen være saa stor, at Brudstyrken plus 5 Gange Forlængelsen mindst er lig 130.

Ved Udtagelse af Prøver til Slagforsøg søger man at anvende det sidste 1,5 m lange Stykke af en Skinne. Man kan med stor Sandsynlighed gaa ud fra, at mulige Lunker faas med i disse Prøvestykker. Tværridser i Hovedet og Længderidser i Foden gøres ved Slagprøven synlige.

De danske Statsbaner foreskriver:

Slagprøver foretages med ca. 1,5 lange Skinnestykker, der under Prøven skal have en Temperatur mellem 15° og 50° C.

Prøven foretages saaledes, at Skinnestykket med 1 m Fritliggende udsættes for et Slag af en Faldklods, der rammer Skinnestykkets Hoved midt imellem Understøtningerne
Vægt og Faldhøjde skal være:

Skinnevægt kg pr. m.	Vægt af Faldklods kg	Faldhøjde m
37	1000	5
45	1000	6
60 (1,20 m Fritliggende)	1000	8

Skinestykket skal udholde Slagprøven uden at vise noget Tegn paa Brud.

Ved *Haardhedsprøven* er det muligt at drage Slutninger om Trækstyrken, men ikke om Sejgheden. Ved svejsede Skinneforbindelser vil Haardhedsprøven ikke kunne undværes til at finde for blødt eller for stærkt hærkede Zoner i Svejsforbindelsen. Enten vil man fremkalde eet større Indtryk eller fordele flere mindre Indtryk over hele Tværsnittet og dermed samtidig faa et Holdepunkt for Bedømmelse af mulige Fejl. Haardhedsprøven har kun delvis fundet Anvendelse som Modtageprøve, men der er god Overensstemmelse i de for denne Prøve gældende Forskrifter.

De danske Statsbaner forlanger denne Haardhedsprøve eller Trykprøve udført med en 19 mm Staalkugle. Ved et Tryk paa 50 000 kg maa denne Kugles Nedtrykning i Skinnen ikke være mindre end 3,5 mm og ikke større end 5 mm.

Slidprøver i Laboratorier har faaet forøget Betydning men vil næppe finde Indpas som Modtageprøve.

Strukturundersøgelser. Brududseende, Makro- og Mikrostruktur billeder kan anvendes til Bedømmelse af Skinnematerialet. At foreskrive disse Undersøgelser som Modtageprøve har sine Vanskeligheder, da de ikke giver talmæssige Resultater. Til Vejledning vil de være hensigtsmæssige.

Brududseendet undersøges ved alle Modtageprøver, men Bedømmelsen er vanskelig, naar Modtageren ikke har særlig Erfaring.

Ved Makroprøver kan Ætsningen næppe udføres af Modtageren. I selve Ætsningen, Ætsevæskens Sammensætning, Ætsetidens Længde, Kopierpapiret har den, der udfører Prøven, Mulighed for at fremkalde det Struktur billede, som Modtageren gerne vil se.

Og paa lignende Maade er det med Mikrostrukturen.

Den Forbindelse, der findes mellem Staalets Makrostruktur og dets Egenskaber, har været Genstand for mange Undersøgelser, som har vist de uheldige Virkninger af en raa og gennemkrystalliseret Struktur.

Det vilde være ønskeligt, at Leveringsbetingelserne for Skinner saa vidt muligt blev formet ensartet af alle Jernbaneforvaltninger. Men dette kræver Forudsætninger, der ikke er til Stede. Forskel i Klima, Forskel i tung og let Drift, hurtig eller langsom Kørsel kan betinge Forskel i Kravene.

Men det ligger i alle Parters Interesse at naa til en Simplificering og Ensartethed i Leveringsbetingelserne, saa man kun krævede de Prøver, der er nødvendige til Bedømmelse af Skinnematerialets Hensigtsmæssighed og sandsynlige Holdbarhed i Drift og saa tog Afstand fra alle andre Prøver. Det er betegnende, at de førende Jernbaneforvaltninger med Tog med største Kørehastighed og Akseltryk, som Banerne i U.S.A. har de simpleste Leveringsbetingelser.

Ved Bestemmelse af Skinnestaalets Trækstyrke tager man nogle Steder Hensyn til Styrken af det Staal, der benyttes til Bandagerne, idet man gaar ud fra, at de to Dele helst skal have samme Styrke for at slides ensartet.

Erfaringen viser, at der i Hovedbanespor med hurtigkørende Tog foregaar en rask Afslidning af Skinnerne, der endnu stadig er ret skøre.

For Skinnernes *Maal* er fastsat visse tilladte Maalafvigelser, der varierer indenfor vide Grænser. De tilladte Maalafvigelser i de enkelte Skinners Længde varierer for næsten lige store Skinnelængder fra ± 2 til $\pm 9,52$ henholdsvis til $\pm 11,11$ mm.

De danske Statsbaner forlanger endvidere:

Skinneprofilen skal være symmetrisk om en lodret Akse. I det færdige Profil tillades i Højde, Hovedbredde og Kroppens Tykkelse en Afvigelse af $\pm 0,5$ mm og i Fodbredden en Afvigelse af ± 1 mm. En paa Skinnen anbragt Laskeskabelon maa i den vandrette Afstand fra Skinnekroppen ikke afvige mere end $+1,5$ mm fra det normale.

De foreskrevne Længder af Skinnerne tilvejebringes ved Fræsning i begge Ender. Skinneenderne skal være skarpt afgrænsede ved en paa Skinneaksen vinkelret Plan; herpaa tillades en Afvigelse af $0,5$ mm.

Afvigelser fra de foreskrevne Længder af Skinnerne maa ikke overstige ± 3 mm.

Huller for Laskeboltene og Mærkehuller i Kurveskinner tilvejebringes ved Boring.

Der tillades en Afvigelse i Hullernes Størrelse og Placering paa ± 1 mm.

Fra den foreskrevne Normalvægt for Skinnerne maa ingen enkelt Skinne afvige mere end 2%, og hele Leveringen ikke mere end 1 %.

I skarpe Kurver vil der blive et stærkt Slid paa Skinnehovedets Side i ydre Skinne. Dette Slid reduceres til en vis Grad ved større Overhøjde, men selv overdimensioneret Overhøjde kan ikke hindre det. Ydre Skinnestreg skal styre Toget, og Styringstrykket vil bevirke Friktion og dermed Slid mellem Hjulflangen og Skinnehovedets Inderside. Dette Slid kan kun i ringe Grad reduceres ved banetekniske Foranstaltninger, men at Sporet ligger godt og er godt justeret har den store Betydning, at Slidet bliver jævnt.

Da dette Slid, især i skarpe Kurver, hvori der kører store Lokomotiver med stor Hastighed, kan blive betydeligt, har man prøvet at smøre Skinnerne. Man har prøvet at smøre med Vand og med Olie, uden at det synes, at man er kommet til noget tilfredsstillende Resultat.

For at formindske Afslidningen af Skinnehovedets Side anvendes faste Smøreindretninger og Smøreindretninger paa Lokomotiverne. Ved alle Smøreindretninger maa der sørges for, at Skinnehovedets Køreflade ikke smøres.

Man har konstrueret automatiske Smøreapparater til Skinnesmøring. Smøreapparatet er anbragt stationært paa Linien, altsaa ikke paa Lokomotivet, og Hjultrykket fra det passerende Tog benyttes til at pumpe Smørelse frem paa Skinnehovedets Inderside.

Disse Apparater har i U.S.A. faaet stor Udbredelse.

Apparatet kan være saaledes indrettet, at en svagt buet Fjeder trykkes ned af passerende Hjul, hvorved Smørelsen fra Smørekassen trykkes frem til Smørelsefordeleren paa Indersiden af Skinnen og af Hjulflangerne føres langs Skinnerne.

Som Smørelse er blevet brugt en grafitblandet Smørelse.

Ved Smøringen formindskes Slidet paa Skinner og Hjulflanger, Skrigningen i Kurven ophører, og Kurvemodstanden formindskes.

4. SKINNESVEJSNING

Ved Laskning kan man samle Skinnestrengene, saaledes at de enkelte Skinner frit kan udvide sig, men man faar ikke fuldstændig Kontinuitet i Kørefladen; der bliver mellem de enkelte Skinner et Stød.

For at undgaa de med et Stød forbundne Ubehageligheder svejser man Skinneenderne sammen, hvorved man uden Hjælpestykker kan skaffe fuldstændig Kontinuitet for Kørslen,

Ved Svejsning kan man faa Skinnestrengene uden Stød med stor Længde.

Skinneestrengene med stor Længde er først blevet benyttede i Sporvejsspor i Brolægning og derefter i Jernbanespor i følgende Tilfælde;

- Havnespor i Brolægning som ved Sporvejsspor.
- Spor i Tunnel, hvor Dilatationsvirkningen er meget begrænset.
- Spor paa Brobaner af Jern, hvor Udeladelse af Stød kendeligt reducerer de dynamiske Virkninger ved Togets Passage.
- Spor i Remiser, hvor Ballasten ofte er jordagtig og fastbanet.
- i Hovedspor, indtil en vis Længde.

Ved Svejsning kan man fremstille Normalskinnelængder af ældre Skinner, der er taget op fra et ældre Spor og befriet for Fejl i Enderne, ved at man har skaaret disse af. Svejsning har den økonomiske Fordel, at man kan sammensvejs de ved Spors og Sporskifters Fremstilling og Vedligeholdelse i stort Antal fremkommende korte Stykker til Normallængder.

Men en Forudsætning for en ubegrænset Anvendelse af Skinnesvejsning er, at den bliver holdbar og brudsikker.

Man kan svejse to Skinner med forskelligt Profil sammen, saa man faar et Overgangsstykke, der benyttes i Stedet for Overgangslasker, uden at have disses Fejl.

Endelig kan man

- ved Paalægssvejsning paalægge Svejsmateriale paa nedslidte Skinner og Sporskiftedele, saa de slidte Dele opbygges paany
- ved Svejsning rette Skinnen ved det svævende Stød, hvor Stødet er kommet til at ligge lavt i Forhold til den øvrige Skinne.

Svejsning kan deles i

1. Skinnesvejsning ude paa Linien.
2. Skinnesvejsning i Værksted.

Svejsemetoder.

Kravet om Anvendelse af længere Skinner, har gjort Skinnesvejsningen til et Problem af stor Vigtighed.

Til Svejsning af Skinner anvendes:

elektrisk Modstandssvejsning,
aluminothermisk Svejsning,
elektrisk Lysbuesvejsning,
Autogensvejsning.

Thermitsvejsning har været anvendt siden 1905 og har fundet stor Anvendelse. Den elektriske Modstandssvejsning er først efter 1930 blevet anvendt i større Udstrækning.

De værdifulde Staalsorter — og da især Skinnestaal — er meget fordringsfulde i svejseteknisk Henseende, og hertil kommer, at Svejsespændingerne ikke bliver uvæsentlige.¹⁾

¹⁾ Alf. Ledang: Skinnesvejsning. M. f. N. S. 1937 S. 55.

Det svejsede Skinnestød skal holde, saa længe Skinnen holder. Ved større Skinnelængder bliver de svejsede Stød udsat for Temperaturspændinger, som ved Længder paa over 80 m kan gaa op i ± 1000 kg/cm². De svejsede Skinnestød bør helst have samme Styrke som Skinnen, saa man ikke behøver at tage Hensyn til Svejsningen ved Svellefordelingen.

Elektrisk Modstandssvejsning giver ved rigtig Sammenpresning den bedste Svejsforbindelse, men Maskinen er dyr. Den ældre Metode, Thermitsvejsning, hævder sig stadig som en god og holdbar Svejsforbindelse.

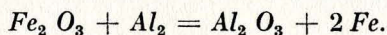
Gassvejsning er billig og enkel.

Lysbuesvejsning er vanskelig paa Grund af høj Opvarmning, særlig ved haardt Skinnemateriale.

Det er især den elektriske Modstandssvejsning og Thermitsvejsning, der anvendes.

Thermitsvejsning. Til Skinnesvejsning udført efter den aluminothermiske Metode, anvendes Svejsmidlet Thermit, der bestaar af en Blanding af pulveriseret Aluminium og Jernilte (Hammerskæl).

Ved Opvarmning til ca. 1300° spaltes Jerniltet, og Ilten forbinder sig med Aluminium til Aluminiumilte.



Processen foregaar under stærk Varmeudvikling, saa den flydende Blanding, der efter Processens Afslutning bestaar af Jern og Aluminiumilte, der som Slagge flyder ovenpaa, har en Temperatur af ca. 3000°.

Efter Sammensætningen af de Stykker, der skal svejses, tilsætter man Blandinger af Silicium, Mangan, Vanadium eller Titan eller endog rent Kulstof til Thermitblandingen.

Thermitsvejsning omfatter flere Metoder, som har det fælles, at Svejsvarmen frembringes, ved at Jernoxyd reduceres ved Aluminium til rent Jern som ovenfor angivet, samtidig med at Aluminiumoxyd danner Slagge. Alle Thermitsvejsemetoder kan udføres ude i Sporet.

Ved Svejsning af Jernbaneskiner anvender man den høje Temperatur til at opvarme Skinneenderne til Svejsstemperatur, og med et Klemapparat spænder man disse saa haardt sammen, at Svejsning finder Sted; det flydende Jern lader man smelte sammen med Skinneenderne, saa der dannes en Vulst om Svejsstedet. Det første gøres for Skinnehovedets Vedkommende, da der af Hensyn til Kørselen ikke her er Plads til nogen Vulst, medens det sidste gøres for Kroppens og Fodens Vedkommende, hvor Vulsten da danner

en Materialeforøgelse paa det Sted, hvor Skinnen under Togbelastningen er udsat for Trækspændinger.

Naar Svejsning skal foretages, lægges de to Skinneender mod hinanden; de to Endeflader bliver for Skinnehovedets Vedkommende affræsedede, saa Fladerne bliver helt rene. Dernæst lægges mellem Skinnehovederne et Stykke Svejseblik : ∩ : et Stykke 5 mm tyk Jernplade, godt saa stort som Skinnehovedets Tværsnit. Med det paa Skinnerne anbragte Klemapparat spændes disse sammen om Svejseblikket. Blikket anbringes dels for at sikre en fast Sammenspænding af Skinnehovederne, og dels for at faa et lille Melletrum mellem den øvrige Del af Skinnernes Endeflader, saa der bliver let Adgang for det flydende Jern til at smelte sammen med Skinnerne. Der anbringes omkring Svejsstedet en ildfast Form og ovenover en konisk Digel.

Efter Paamontering af Formen bliver dennes Indre tillige med Skinneenderne med en Blæselampe for at spare paa Thermiten forvarmet i ca. 15 Minutter, ∩ : til Skinneenderne er rødglødende. Med en Sats antændes Thermiten i Diglen, hvorefter Processen foregaar i faa Øjeblikke. Bunden af Diglen stikkes ud, og Indholdet løber ned i Formen, hvor det smeltede Jern lægger sig nederst omkring Skinnefod og Krop, medens den lettere Slagge lægger sig om Hovedet. Naar Skinneenderne er opvarmede til Svejsede, spændes Klemmeapparatets Skruer, hvorved Skinnehovederne gennem Skinneblikket svejses sammen, samtidig med at Jernet længere nede i Formen smelter sammen med Skinnerne. Efter Afkøling slaas Formen og Slaggen fra, hvorefter Skinnens Køreflade behandles med en Skinnehøvl.

Undersøger man Styrken af en Svejsning, vil man finde, at den frembyder et svagere Sted paa Skinnen, f. Eks. overfor den Slagprøve, som ellers forlanges af en Skinne. Faren for Brud i Svejsningerne er imidlertid meget ringe, hvilket formentlig skyldes, at Hjulene passerer ret roligt hen over Svejsningen uden at frembringe Stød eller Slag.

Svejsning blev ved De Danske Statsbaner første Gang anvendt paa et ca. 0,6 km langt Dobbeltspor paa den ydre Godsbane ved København, i Efteraaret 1929. De to Nærtrafikspor paa Strækningen København H—Østerbro er gennem Boulevardtunnelen svejset sammenhængende indtil 100 m fra Tunnelmundingerne. Temperaturvariationerne i Tunnelen er ret smaa.

Svejsning kan med Fordel anvendes til Fremstilling af Overgangsstød. (Stød mellem to Skinner af forskelligt Profil), og da navnlig til Overgangsstød mellem Rilleskinner og Vignoleskinner, en Stødkonstruktion, der ellers kun kan udføres ved Hjælp af ret komplicerede Overgangslasker, som endda ikke giver tilfredsstillende teknisk Løsning.

Thermitsvejsning er blevet anvendt i stor Udstrækning og udføres saaledes,

at der i Skinnens Køreflade, bortset fra den smalle Blickstribе ikke kommer andet Staalmateriale, saa Svejsstedets Haardhed ikke bliver forskellig fra de tilstødende Skinnehoveders. Ved Svejsningen skal Skinnehovedet forvarmes tilstrækkeligt, Skinnernes Endeflader skal renses for Rust, Svejsblikket skal være rent, og Stukningen skal udføres i rette Tid og fuldstændigt. Svejsmassen skal være homogen og ikke paa enkelte Steder være særlig aluminiumholdig. I Regnvejr kan Thermiten optage et vist Fugtighedsindhold, der kan bevirke en Forsinkelse af Reaktionen, saa Temperaturen ikke bliver tilstrækkelig høj til at indlede Omsætningen mellem Aluminium og Jernoxid.

Følges de ovenfor omtalte Regler, og er den, der udfører Svejsningen, dygtig og paalidelig, vil Svejsningen altid give gode Resultater.

En væsentlig Fordel ved Thermitsvejsning er, at den kan anvendes paa ethvert Sted, ogsaa i selve Sporet, at der kun kræves nogle faa let haandterlige Redskaber, og at man ved S sammensvejsning af normale Skinnelængder til større Længder, f. Eks. 15 m Skinner til 30,45 eller 60 m Længder kan undgaa at afkorte de normale Skinner, idet der indlægges Stødblik eller korte Skinnestykker.

Elektrisk Modstandssvejsning. Ved elektrisk Modstandssvejsning fremskaffes Svejsvarmen ved den elektriske Overgangsmodstand, som opstaar mellem Skinneenderne, naar disse ligger imod hinanden, idet en elektrisk Strøm med lav Spænding og høj Strømstyrke ledes tværs paa Berøringsfladerne gennem et Par Spændebakker, som er fastgjort til Skinnerne. Paa denne Maade dannes mellem Skineenderne en eller flere Lysbuer, som giver yderligere Opvarmning indtil Smeltning. Derefter stukkes begge Skinner aksialt, hvorved Slagger og Luftblærer som oftest vil trykkes udenfor Skinneprofilet.

Til denne Svejsmetode kræves Specialmaskiner. Disse vejer 5—8 ts og kræver 200—400 kw, saa man derfor er henvist til at udføre Svejsningen i Værksted. Ved de nyeste Modstandssvejsmaskiner foregaa de forskellige Faser i Svejsoperationen automatisk.

Den elektriske Modstandssvejsning kræver en paalideligt arbejdende Maskine; de helautomatiske Maskiner, der nu anvendes, er i Stand til helt at afpasse Stukningen efter Svejsningen, saa man bliver uafhængig af den paagældende Svejsers større eller mindre Duelighed, og altid er sikker paa at faa ensartet god Udførelse. Ogsaa Skinner af haardere Staal kan svejses tilfredsstillende efter denne Metode.

Elektrisk Modstandssvejsning giver udmærket Svejsforbindelse, men

Maskinen er dyr. Den ældste Metode, Thermitsvejsning hævder sig som en god og holdbar Svejsforbindelse og anvendes især ude paa fri Bane, mens den elektriske Modstandssvejsning navnlig anvendes i Værksteder.

Autogensvejsning. Autogensvejsning har ligesom Thermitsvejsning den særlige Fordel, at den kan anvendes paa ethvert Sted paa fri Bane og paa Banegaarde og ogsaa egner sig til Sammensvejsning af forskelligt Profil.

Autogensvejsningen har i de senere Aar gjort saadanne Fremskridt, at godt uddannede Svejsere kan fremstille en fuldkommen og driftssikker Skinneforbindelse.

Elektrisk Lysbuesvejsning. Svejsevarmen faar man ved Lysbuesvejsning fra en elektrisk Lysbue, som opstaar mellem Elektroden (der som oftest samtidig er Tilsætningsmateriale) og Arbejdsstykket, idet Elektroden og Arbejdsstykket er elektrisk forbundet med hver sin Pol fra en Strømkilde. Denne kan enten være Jævn- eller Vekselstrøm og har en Klemmespænding paa omtrent 60 Volt og en Strømstyrke paa 30—800 amp.. Strømstyrken, som maa kunne reguleres, afpasses efter Arbejdsstykkets Dimensioner m. v. Tidligere blev især Jævnstrøm anvendt ved Buesvejsning, men i de senere Aar har Vekselstrøm vundet stadig mere Terræn.

Med moderne Svejseelektroder og med kyndig teknisk Ledelse af Svejsearbejdet er der nu ikke tilbage mange Betænkeligheder mod at stole paa elektrisk Buesvejsning, selv i de mest krævende Konstruktioner. De faa daarlige Erfaringer skriver sig især fra den Tid, da det ufuldkomne Elektrodemateriale gav en mindre god Svejsning, som dertil ofte blev udført af Ikkefagfolk og uden teknisk Ledelse.

Den elektriske Buesvejsning er blevet almindelig anerkendt ved de blødere Staalsorter. Ved haardere Staal som St. 52 og Skinnemateriale har man derimod lige til de sidste Par Aar staaet noget tvivlende, idet der ikke tidligere forelaa et Elektrodemateriale, som var egnet for de haarde Staalsorter. Særlig risikerede man smaa Revnedannelser i Overgangszonen mellem Svejsemateriale og oprindeligt Materiale, daarlig Forbindelse, porøs Svejsning m. m. Men der er nu fremstillet Svejseelektroder, som paa disse haardere Staalsorter giver en fejlfri Svejsning med dyb Indsmeltning og en Materiale-karakteristik meget nær Grundmaterialets.

Elektrisk Buesvejsning af Skinnestød kan udføres i Marken, *uden* at Skinnerne behøver at løses fra Svellerne. Men en mere rationel og sikker Svejsning faas, naar Svejsearbejdet kan foretages med Skinnerne løse, saa de kan væltes om paa Siden, efterhaanden som Svejsearbejdet skrider

frem. Derved opnaas bl. a. den store svejsetekniske Fordel, at alle Svejsninger kan udføres i Horizontalplanet.

Prøverne med den elektriske Lysbuesvejsning er endnu ikke naaet saa vidt, at man har kunnet gaa over til større Forsøg paa fri Bane. En Mangel sammenlignet med Autogensvejsning er, ved Anvendelse paa fri Bane, at den nødvendige Strøm ikke findes, saa særlige Maskiner maa anvendes.

5. PRØVNING AF SVEJSNINGER

Et svejset Skinnestød er udsat for stærke dynamiske Paavirkninger. Stødenes Modstandsevne mod saadanne Paavirkninger findes ved Udmatningsforsøg. Statiske Prøvemethoder siger lidt eller intet om Svejsningens Styrke.

Til Bestemmelse af Godheden af Svejsninger og til Sammenligning mellem Svejsemetoderne i Forhold til Skinnestaalets Egenskaber kan benyttes alle de Prøvemethoder, der anvendes ved Undersøgelse af Skinnestaalet. Derimod er der forskellige Meninger om, hvorledes Modtageprøver skal formes.

I Modtagebetingelser for Skinner forekommer Trækprøven som Regel som den vigtigste, men ved svejsede Konstruktioner kan den kun anvendes som Grundlag for en Bedømmelse af Stødet, da den mere formaar at give Oplysning om metallurgiske Detailegenskaber end om Stødet som saadant. Af Foden i et svejset Stød kan som Regel vanskeligt udtages et Prøvestykke, og ved mange svejsede Konstruktioner, især hvor der anvendes Fodlasker, har en Trækprøve fra Foden ingen Mening. En Trækprøve fra Skinnehovedet er paa Grund af dettes særlige Paavirkning (især negative Momenter) af mindre Betydning.

Alle talmæssige Angivelser om en eller anden undersøgt Egenskab hos en svejset Skinnesforbindelse bør om muligt angives i % af den tilsvarende Egenskab hos det usvejsede Skinnemateriale. Det kan f. Eks. angives, at Trækstyrken i Svejsetværsnittet var 4 % større end i et usvejset Tværsnit.

Ved Slagprøver har det Betydning, at man ikke vælger Afstanden mellem Understøtningerne for lille. Er Afstanden saaledes kun 50 cm vil en betydelig Del af Slagkraften uden Bøjning blive overført til Understøtningerne. Man bør vælge en fri Vidde paa 1,10 m og anvende en Faldklods paa 500 kg. Der maa vælges en passende Faldhøjde.

Et Slag mod Skinnerne kan under Kørslen kun fremkomme i særlige Tilfælde, som f. Eks. naar der er et Slaghul paa Skinneoverfladen, et Slibestød paa Bandagen eller et lodret Trin, ved daarlige Understøtningsforhold, ved forsømte Laskestød. Den Faldhøjde, der herved kan blive Tale om, er kun 2—5 mm, og Slagmomentet bliver ganske ringe.

En Slagprøve, udført med stor Vægt og lille Faldhøjde, kommer den statiske Bøjepøve nær. Den egner sig til Modtageprøve, da Slagmodstanden uden Tvivl afhænger af, om der findes indre Fejl og af Kornformen, saa man deraf kan drage Slutninger om Svejsningens Godhed.

Ved svejsede Konstruktioner kan den statiske Bøjepøve ikke udelades, da man ikke har med et homogent Materiale og en homogen Bjælke at gøre, men derimod med en Bjælke, der baade i Form og Materiale er sammensat og ofte ganske kompliceret. Saadanne Konstruktioner bør prøves paa samme Maade, som de paavirkes ude paa Linien. Da Bøjepøven kan give Oplysninger om indre Fejl og temmelig nær efterligner den virkelige Paavirkning af den svejsede Konstruktion, maa den anses for den vigtigste til Bedømmelse af og ved Modtagelse af svejsede Skinnestød.

Det svejsede Stød skal kunne optage det samme bøjende Moment som den fortløbende Skinne. Ganske vist fremkommer paa det svejsede Stykke ikke saadanne dynamiske Virkninger og Resonansfænomener som paa de ikke svejsede Stykker, saa man ved de svejsede Stød kan nøjes f. Eks. med en 10 % mindre Bæreevne, hvilken Værdi kan forhøjes til 20 %, hvis man lægger Nabosvellerne nærmere til det svejsede Stød. Spændvidden bør ved den statiske Bøjepøve være 1,2 til 1,4 m.

Overfladens Haardhed skal give Oplysning om Kørefladens fremtidige Forhold, idet den ikke maa deformeres eller slides uregelmæssigt. Mest hensigtsmæssigt er det i Kørefladens Akse at afhøvle Kørefladen i 0,5—0,7 mm Dybde og i passende Afstande i begge Retninger at bestemme Haardheden f. Eks. efter Brinell og maaske ogsaa udføre Slidprøver. Prøverne udføres indtil de Steder, hvor Skinnehovedets Materialstruktur er normal. Glødede Svejsninger giver ganske ensartede Overfladeforhold, dog maa Værdien af dem ikke overvurderes, da ubehandlede Svejsninger ogsaa virker fuldt tilfredsstillende.

Brinellprøven anvendes til at prøve Haardheden i Løbefladens Svejszone; den kunde muligvis anvendes ved Modtageprøver.

Den varierende Bøjepøve skal i en Konstruktion i Løbet af kort Tid, frembringe de Paavirkninger, som den i et vist Antal Aar skal taale paa det Sted, hvor den skal anvendes.

Variierende Bøjepøver er gode til Bedømmelse af Svejsningers dynamiske Styrke og ligner mere end de statiske Forsøg de virkelige Forhold i Sporet, men de tager lang Tid. De anvendes ikke ved Modtageprøver men ved Kontrolprøver.

Metallografiske Prøver (Makro- og Mikrobilleder) kan give gode Oplysninger, men som Modtageprøver har de den Vanskelighed, at man ikke kan fastsætte et bestemt Maal f. Eks. for Kornstørrelsen eller et bestemt Udseende, for at Svejsningen skal betegnes som god eller som mangelfuld.

Som Modtageprøve holder man i Almindelighed kun den statiske Bøjeprøve for nødvendig, udført med 1—2 % af Svejsestederne. Ved denne Prøve undersøges hele Stødet, og ogsaa tilfældige Fejl ved Svejsarbejdet bringes for Dagens Lys. Bøjeprøver bør man ogsaa udføre, naar man selv udfører Svejsningen med egne Folk.

De hidtidige Driftserfaringer har vist, at de statiske Bøjeprøver er tilstrækkelige. Ved Thermitsvejsning foreskrives ikke nogen Modtageprøve, fordi Svejsningerne oftest udføres paa Linien, hvor Prøvernes Udførelse vilde støde paa Vanskeligheder; den anses heller ikke for nødvendig, da der til Arbejdet kun anvendes tilstrækkeligt uddannede Svejsere. Men fra Tid til anden foretages Kontrolprøver i Laboratoriet, især hvor det drejer sig om Skinner, hvis Materiales Sammensætning giver Anledning til Tvivl.

6. SKINNESVEJSNING PAA BROER

For at skaane Brodragerne svejses som Regel Skinnestødene paa Broer. Paa Jernbanebroer i kun eet Fag vil, uden Hensyn til Spændvidde og Brodragerens Længde, et Spor, der ingen Temperaturspillerum har paa hele Dragerens Længde, og som ved begge Ender af Drageren har de fornødne Temperaturspillerum ikke give Anledning til Varmespændinger, naar Brodrager og Skinne paavirkes paa samme Maade af Temperaturændringer. I saa Tilfælde er Forlængelse og Sammentrækning af begge Dele lige store, en gensidig Bevægelse mellem dem finder ikke Sted. Derfor optræder der ingen Friktion, og Fremkomst af Længdespændinger er umulig.

Men det kan ogsaa forekomme, at Skinne og Brodrager faar forskellig Temperatur, f. Eks. naar Kørebanen ligger højt, saa Skinnen uden Beskyttelse er udsat for Solen, mens store Dele af Brodrageren ligger i Skygge af Kørebanen. Man kan antage, at Temperaturforskellen i ugunstigste Tilfælde ikke er over 15° C; forudsætter man, at Skinnen er fuldstændig fast forbundet med Brodrageren, saa en gensidig Længdebevægelse ikke kan finde Sted, vilde Skinnen som Følge af sin højere Temperatur blive holdt tilbage i sin Længdeudvidelse af Brodrageren og derved blive udsat for Trykspænding. Denne Trykspænding σ maa sammentrykke Skinnen med samme Maal, som Temperaturforskellen t vilde have forlænget den. Mellem Temperaturen t og Spændingen σ er Forholdet bestemt ved $\sigma = 24t$. For $t = 15^{\circ}$ er $\sigma =$

360 kg/cm², og denne Trykspænding volder ingen Vanskelighed. Ved denne Beregning er det forudsat, at Brodragerens Tværsnit i Forhold til Skinnens er saa stort, at de ligestore Tryk- og Trækkrafter, som Skinne og Drager paavirker hinanden med, i Drageren fordeler sig over et saa stort Tværsnitsareal og derfor fremkalder saa smaa Spændinger i det, at der kan ses bort fra den derved betingede lille Udvidelse.

Hvor det drejer sig om en Bjælkebro med et fast og et bevægeligt Leje, finder der over det faste Leje ikke en gensidig Bevægelse Sted mellem Skinnerne paa Broen og paa Banedæmningen. Man kan derfor her anvende et almindeligt Laskestød. Over det bevægelige Broleje er den gensidige Bevægelse mellem Brodrager og Bropille omtrent lige saa stor som hele Brodragerens Temperaturudvidelse. Det Stød, der her skal anbringes, maa derfor have et Spillerum, der svarer til Brodragerens Udvidelse plus den halve Udvidelseslængde af den tilstødende Skinne.

I en kun paa een Brodrager hvilende Skinne kan Spændingerne saaledes paa simpel Maade bestemmes, men lidet overskuelige former de sig, naar Skinnen uden Stød fra Banedæmningen gaar ud paa Broen eller maaske paa en Bro i flere Fag. En gensidig Ikkebevægelighed mellem Skinne og Bjælke er ikke mere overalt mulig, og det Tilfælde indtræder, at Skinnen som Følge af samtidig Paavirkning af Temperaturforandring og Friktionskrafter faar en Udvidelse, altsaa en Bevægelse af sine Punkter, mens samtidig Skinnens Underbygning, nemlig saa langt den bestaar af Jernbroen, ligeledes gennemgaar en Temperaturudvidelse og tilsvarende Bevægelse af sine Punkter. Den gensidige Bevægelse mellem Skinne og Underbygning fremkalder Friktionskrafter, der faar Indflydelse paa denne Bevægelse. Det bliver et temmelig uoverskueligt Spil af Krafter og Bevægelser, der skal skaffes Klarhed over ved en Undersøgelse af Forholdet mellem Spændinger, Udvidelser og Friktionspaavirkninger.

7. SKINNETVÆRSNITTETS FORM OG DIMENSIONER

a. Vignoleskinner. Skinnetværsnittets Form bestemmes i første Linie af de ydre Krafter og skal yde tilstrækkelig Sikkerhed, ogsaa efter at den største tilladte Afslidning har fundet Sted. Profilet skal være let at valse.

En Skinne er en Drager over flere Understøtninger, som paavirkes af lodrette Krafter til Bøjning; der kræves derfor en stor Dragerhøjde og omtrent ligestore Materialmængder i Hoved og Fod i saa stor Afstand som muligt fra den vandrette Tyngdepunktsakse, for at man med mindste Materialforbrug kan faa stor Bæreevne og Stivhed.

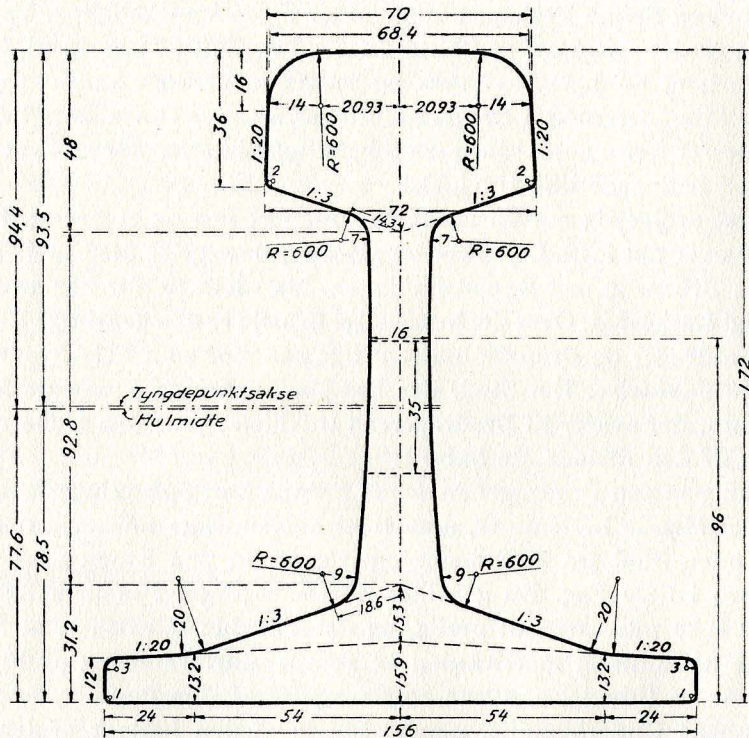


Fig. 21. De danske Statsbaner. 60 kg Skinne 1:2 (VI).
 Skinnen $I = 3090 \text{ cm}^4$, $W = 331 \text{ cm}^3$, $A = 76,53 \text{ cm}^2$.

Det er især Hovedet, der slides, og Skinne skal have tilstrækkelig Bæreevne, efter at den største tilladte Afslidning har fundet Sted. Der regnes som Regel med en største Afslidning paa 8 à 10 mm. Hovedets Højde bør fastsættes under Hensyn til, at stor Højde af det kan medføre Uensartethed i Materialet, idet der i det Indre af særlig svære og høje Hoveder viser sig grovkornede Krystalgrupper, saa Materialet ikke er saa tæt som i Skinner med lavere Hoveder. Jo renere Staalet er, desto mere træder Fordelene ved lave og brede Hoveder frem; saadanne Hoveder er ogsaa lettere at valse paa Grund af den mere ensformige Afkøling.

Erfaringen har vist, at det især er Afslidningen af Skinnehovedets Sider, der er Aarsag til, at en Skinne maa udveksles. Brede Skinnehoveder vil hindre, at en Skinne for hurtigt skal udveksles, og da det desuden har vist sig, at Bandagerne slides mindre uensartet mod brede end mod smalle Skinnehoveder, anvender man brede Skinnehoveder.

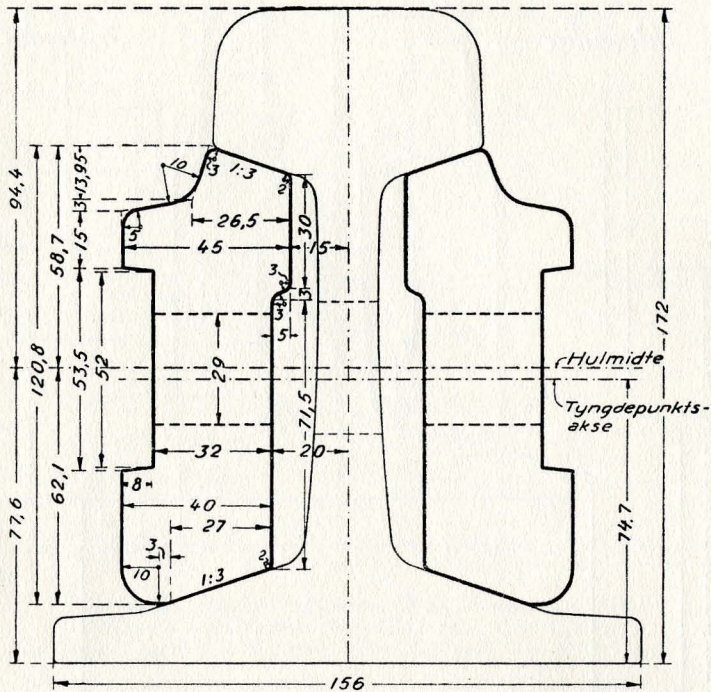


Fig. 22. De danske Statsbaner. 60 kg Skinne 1:2 (VI),
 begge Lasker (uden Fradrag for Boltehul) $I = 957 \text{ cm}^4$, $W = 157,28 \text{ cm}^3$, $A = 81,18 \text{ cm}^2$.

Forholdet mellem Skinnehovedets Højde (maalt i Skinnens Midtlinie ned til Skæringspunktet mellem Laskernes Anlægsflader) og Bredde er for nogle danske Skinner opført i Tabel 1.

Tabel 1.
 Højde og Bredde af Hovedet ved nogle danske Skinner.

	Højde H	Bredde B	Forhold $H : B$	Afrunding ved Siderne	Kørefluden afrundet med Radius	Laske- kamrenes Anlægsflade. Hældning
De danske Statsbaner	mm	mm		mm	mm	
60 kg Skinner	48	70	1 : 1,46		600	1 : 3
45 - -	42	70	1½ : 1,62	16	600	1 : 4
37 - -	40	58	1 : 1,45	14	350	1 : 4
32 - -	38	57	1 : 1,50	16	152	1 : 4
17,5 - -	27	44	1 : 1,58		200	1 : 4
Danske Privatbaner						
22,45 kg Skinner	30	51	1 : 1,70		152	1 : 4

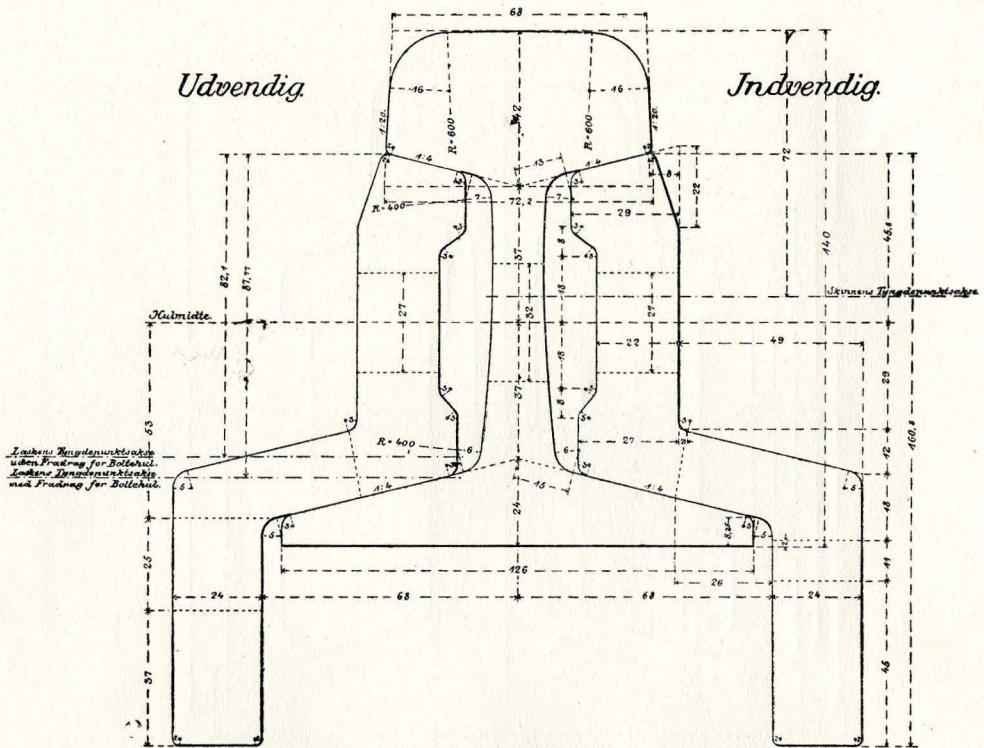


Fig. 23. De danske Statsbaner. 45 kg Skinne 1:2 (VA),
 Skinne $I = 1501 \text{ cm}^4$, $W = 208,5 \text{ cm}^3$, $A = 57,3 \text{ cm}^2$,
 begge Lasker $I = 1616 \text{ cm}^4$, $W = 197 \text{ cm}^3$, $A = 89,2 \text{ cm}^2$.

Formen af Skinnehovedets Løbeflade og Sideflader bør vælges under Hensyntagen til Hjulbandagens Form. I Berøringspunkterne mellem Skinne og Bandage trykkes og slides Materialet i begge; er Berøringsfladen stor, bliver Trykket paa Fladeenheden og dermed ogsaa Slidet lille. Et rigtigt Forhold mellem Formen af Skinnehoved og Bandage har stor økonomisk Betydning.

Det er vanskeligt at bevare dette Forhold, da baade Skinner og Bandager slides. Hertil kommer, at den gensidige Paavirkning ikke er den samme i retliniet Spor og i Kurve, at den forandrer sig efter Kurvens Radius, Sporudvidelse og Akselafstand, og at den er forskellig ved Yder- og Inderskinne.

Om Formen af Skinnehovedets Køreflade kan siges, at en plan Køreflade er vanskelig at valse nøjagtigt, saa svagt hvælvede Køreflader giver større Berøringsflader og derved mindre Slid. Da man desuden ikke kan hindre, at Skinnerne drejer sig i Tidens Løb, vil Anvendelse af plane Køreflader medføre, at Bandagerne slides hule.

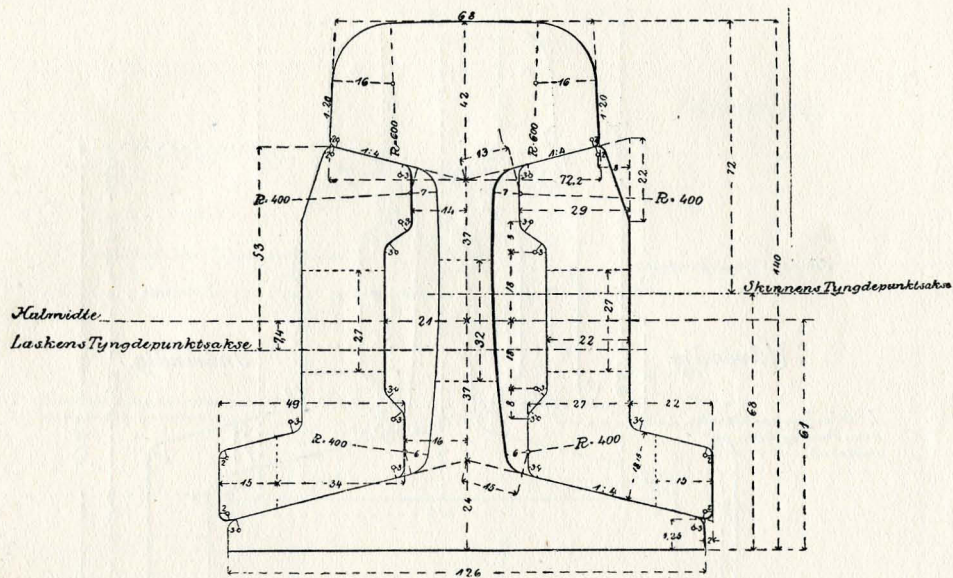


Fig. 24. De danske Statsbaner. 45 kg Skinne 1:2 (VB).
 Skinne $I = 1501 \text{ cm}^4$, $W = 208,5 \text{ cm}^3$, $A = 57,3 \text{ cm}^2$,
 begge Lasker $I = 406 \text{ cm}^4$, $W = 76,8 \text{ cm}^3$, $A = 51,02 \text{ cm}^2$.

Skinnehovederne gøres derfor brede med svagt hvælvet Køreflade. Radius til den hvælvede Køreflade bør mindst være 200 mm. Radius til Hovedets Afrunding paa Siderne bør svare til Radius i Hjulbandagens Hulkehl. Denne sidste er paa de danske Statsbaner for nye Bandager 15 mm.

Hovedets Sider er retliniede; man gør som Regel Hovedet bredere forneden, saa Tværsnittet bliver trapezformet. Derved opnaas, at Laskernes Anlægsflader bliver bredere; for det gensidige Slid mellem Bandage og Skinne kan denne Form være heldig, navnlig hvor der anvendes skarpe Afrundinger, idet den retliniede Flange i Kurve kommer til at løbe an imod Skinnehovedets Side.

Skinnehovedet formes symmetrisk om en lodret Akse. Hovederne fremstilledes tidligere med en Underskæring paa 1:4, der har været anset for nødvendig, for at man kunde faa brede Anlægsflader for Laskerne og en god Dækning af Stødet. Laskekamrenes Hældningsflader gives dog nu gerne en Hældning 1:3. Overgangen mellem Skinnehovedets Sider og Anlægsfladerne for Laskerne udføres skarpt med Afrundingsradius 2—3 mm. Afrundingen mellem Laskernes Anlægsflader og Kroppen udføres med lille

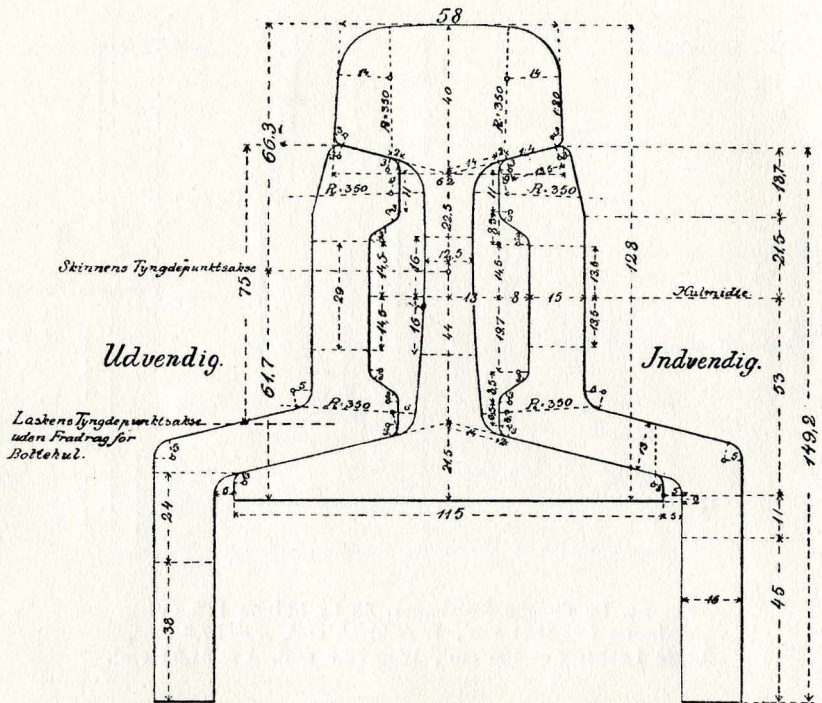


Fig. 25. De danske Statsbaner. 37 kg Skinne 1:2 (IV A).
 Skinnen $I = 1020 \text{ cm}^4$, $W = 154 \text{ cm}^3$, $A = 47,1 \text{ cm}^2$,
 begge Lasker $I = 925 \text{ cm}^4$, $W = 123 \text{ cm}^3$, $A = 58,44 \text{ cm}^2$.

Radius for at gøre Anlægsfladerne store; Radius kan ligge mellem 6 og 10 mm, men man ser ogsaa mindre Radier anvendt.

Skinnekroppen begrænses enten af to parallelle lodrette Flader eller af krumme Flader; desuden kan man imellem de krumme Grænselinier i Profilet have indskudt retliniede Stykker.

For 60 kg Skinnen er Kroppen begrænset af Cirkelbuer, og har en mindste Tykkelse af 16 mm. Ved at anvende Cirkelbuer i Stedet for rette Linier til Kroppens Begrænsning, faas en noget bedre Overgang mellem Kroppen og Hoved og Fod, hvor de fleste Skinnebrud indtræder.

Overgangen fra Krop til Fod og Hældningen af Laskeanlægsfladerne paa Oversiden af Skinnefoden udføres som Overgangen fra Hoved til Krop. Den yderste Del af Foden har undertiden en mindre Hældning (1:7 til 1:20).

For 60 kg Skinnen er Tykkelsen af Skinnefodens Kanter 12 mm, hvorfor

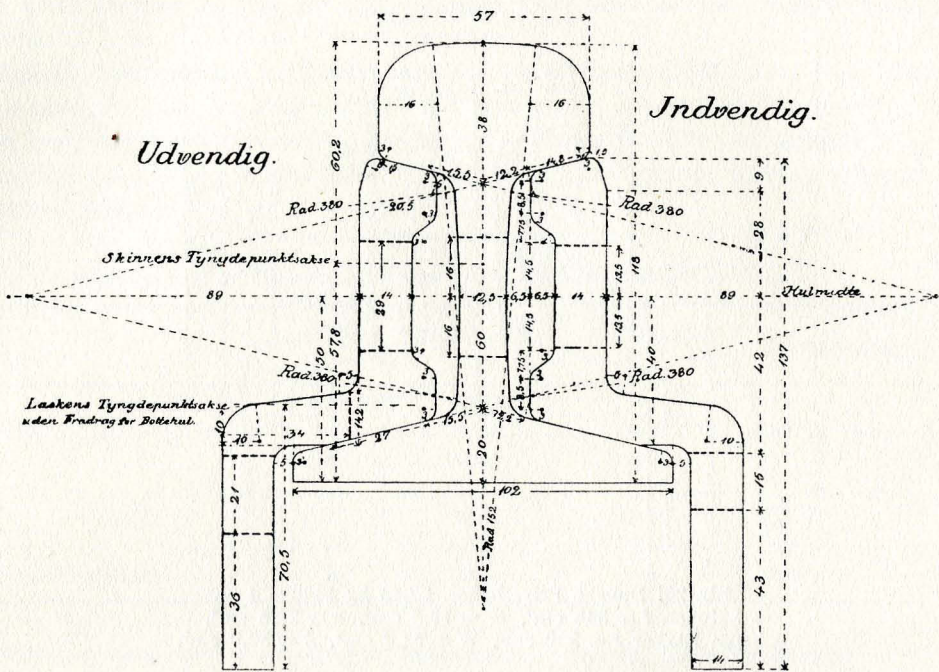


Fig. 26. De danske Statsbaner. 32 kg Skinne 1:2 (III A).
 Skinnen $I = 743 \text{ cm}^4$, $W = 123,4 \text{ cm}^3$, $A = 40,9 \text{ cm}^2$,
 begge Lasker $I = 649 \text{ cm}^4$, $W = 92 \text{ cm}^3$, $A = 49,5 \text{ cm}^2$.

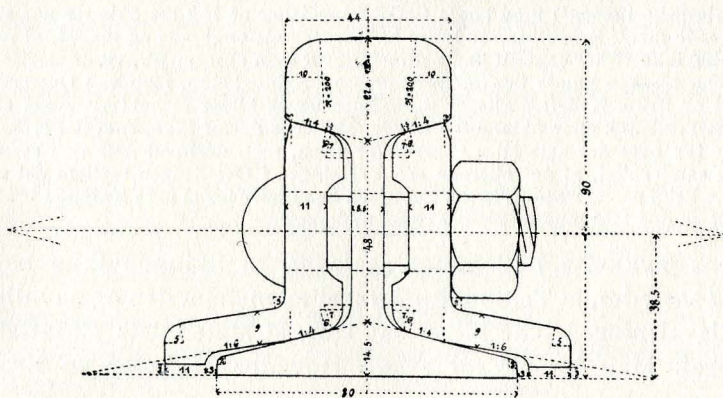


Fig. 27. De danske Statsbaner. 17,5 kg Skinne 1:2 (I). Skinnen $A = 22,22 \text{ cm}^2$.

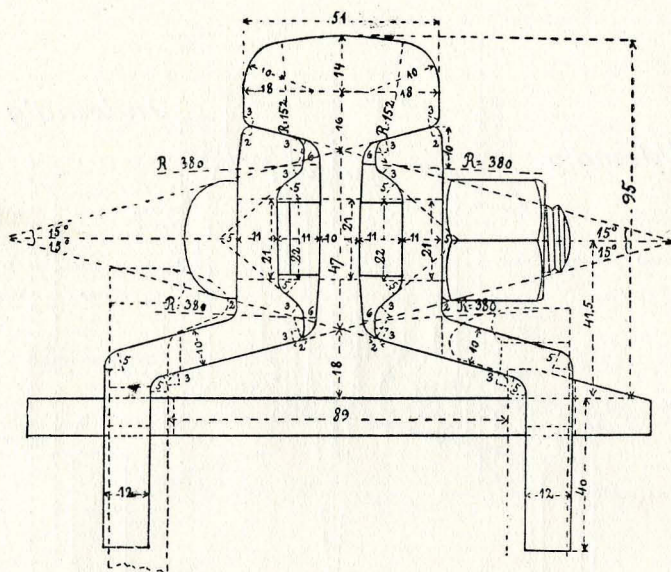


Fig. 28. Danske Privatbaner. 22,45 kg Skinne 1:2.
 Skinnen $I = 348 \text{ cm}^4$, $W = 70,8 \text{ cm}^3$, $A = 28,6 \text{ cm}^2$,
 begge Lasker $I = 288 \text{ cm}^4$, $W = 51,4 \text{ cm}^3$, $A = 32,9 \text{ cm}^2$.

de yderste Stykker af Fodens Overside har faaet en svagere Hældning (1:20), da man af Hensyn til Svelleskruerne ønskede Hældningen saa svag som muligt.

Siderne af Foden begrænses af lodrette Linier; Afrundingen mellem dem og Fodens Overside udføres som Cirkelbuer med Radius fra 2 til 7 mm.

Ved fotoelastiske Forsøg¹⁾ med tynde Celluloidmodeller af 130 lbs Skinner har Professor Dr. P. Thimoschenko maalt Spændingerne langs Skinneprofilets Omkreds og fundet, at naar den lodrette Belastning ikke virker centralt paa Skinnehovedet men ekscentrisk, vil de største Spændinger ikke, som man maaske kunde tænke, fremkomme i Skinnefoden, men ved Overgangen mellem Skinnehoved og Krop. Nedefter aftager Spændingerne og bliver forholdsvis smaa som Følge af Belastningens Fordeling efter Skinnens Længde. Man bør derfor ikke, som det er Sædvane, gøre Kroppen lige tyk over det hele eller sværere forneden, men derimod gøre den sværest foroven. Det er ogsaa sandsynligt, at der allerede ved Valsningen i Overgangen mellem det svære Hoved og den smalle Krop opstaar Spændinger, saa ogsaa dette taler for at gøre Kroppen bredest foroven. Spørgsmaalet er dog ikke endnu tilstrækkeligt undersøgt.

Kroppens Tykkelse bestemmes saaledes, at Skinnen ikke bøjer sig til Siderne og saaledes, at Temperaturforskellen mellem den og navnlig Hovedet ved Færdigvalsningen ikke bliver saa stor, at Materialets Ensartethed paa- virkes deraf. Man bruger for svære Hovedbaneskiner en Kroptykkelse

¹⁾ Transactions of the American Society of Mechanical Engineers. 30-11 1931.
 Teknisk Tidsskrift 1943, No. 29.

paa 13 til 16 mm og selv for lette Skinner gaar man ikke gerne ned under 8 mm.

Ved Dimensionering af Foden maa der tages Hensyn til Valsningen, idet man maa forlange, at Materialet i hele Skinnen er saa ensartet som muligt. Men hertil kræves en svær Fod med stor Højde og Bredde; en spinkel Fod faar, især naar Materialet er mindre rent, let ved Valsningen Ridser, der kan medføre Skinnebrud.

Tabel 2.

Forholdet mellem Skinnefodens Bredde og Skinnehøjden ved danske Skinner.

	Højde <i>H</i>	Fodens Bredde <i>B</i>	Stabilitetstal <i>B: H</i>	Anmærkning
	mm	mm		
De danske Statsbaner.....	172	156	0,91	60 kg Skinne
—	140	126	0,9	45 - —
—	128	115	0,9	37 - —
—	118	102	0,87	32 - —
—	90	80	0,89	17,5 - —
Danske Privatbaner.....	95	80	0,94	22,45 - —

Foruden den rette Fordeling af Materialet i Hoved, Krop og Fod er Forholdet mellem Fodbredde og Skinnehøjde af Betydning for Vignoleskinnernes Form. Jo større Bredden er i Forhold til Højden, desto større er Sikkerheden mod Væltning af Skinnen under Indvirkning af de vandrette Kræfter, og desto mindre paavirkes Befæstelsesmidlerne. Hensynet til Valsningen umuliggør ikke, at Fodens Bredde gøres stor.

Stor Bredde af Foden bidrager til, at Skinnens Tryk pr. cm² af Svellen formindskes, saa Svellens Levetid forøges. Hvor man anvender Underlagsplader, kan Fodens Bredde vælges mindre, end hvor man ikke anvender Underlagsplader. Skinnernes Sikkerhed mod Væltning formindskes ikke derved.

En Skinnes »Godhed« (Tabel 3) maales ved Forholdet mellem Inerti- og Modstandsmoment og Vægt. I Gennemsnit er for Vignoleskinner

$$W = 0,25 - 0,27 Fh \text{ og } I = 0,13 Fh^2$$

hvor *F* er Skinnens Tværsnitsareal og *h* Skinnehøjden.

En stor Skinnehøjde anbefales. Skinnens Inertimoment og Modstandsmoment er afhængigt af Skinnehøjden; Inertimomentet

$$J = a \cdot h^3$$

er Maal for Skinnens Stivhed, idet man har Nedbøjningen

$$\delta = \alpha \frac{M}{EI}$$

Modstandsmomentet $W = \beta \cdot h^2$

er bestemmende for Skinnens Bæreevne, idet Paavirkningen $\sigma = \frac{M}{W}$.

Skinnen skal endvidere formes saaledes, at den med mindste Materialforbrug har saa stor Bæreevne og Stivhed som muligt. Da

$$W = \frac{J}{e}$$

vilde det Profil være det fordelagtigste, hvor Tyngdepunktsaksen gaar gennem Midten, hvor altsaa

$$W = \frac{J}{\left(\frac{h}{2}\right)}$$

Dette kan dog ikke naas; som Regel ligger Tyngdepunktet nærmere ved de yderste Fibre i Foden end ved de yderste Fibre i Hovedet. De i Europa benyttede høje Skinner ($h \geq 130$ mm) har et forholdsvis større Hoved end de nordamerikanske Skinner. Det større Hoved bevirker, at Tyngdepunktet ligger højere i europæiske Skinner end i nordamerikanske. Tyngdepunktets Beliggenhed paavirkes af Værdien af Laskeanlægsfladernes Hældning.

For svære Skinner er Højden som Regel mellem 125 og 180 mm, for lette Skinner mellem 90 og 120 mm.

Paa de danske Statsbaner findes Spor af fem forskellige Typer, de saakaldte Overbygninger II, III, IV, V og VI svarende til Skinnevægtene 22,5, 32, 37, 45 og 60 kg pr. m. Overbygning II stammer fra 1874, Overbygning III fra 1875, Overbygning IV fra 1897, Overbygning V fra 1905 og Overbygning VI fra 1938. De med Overbygning II og III liggende Banestrækninger vil efterhaanden blive forsynede med sværere Overbygning. Skinnernes Befæstelse til Svellerne blev tidligere udført med Skinnespiger (Overbygninger A) men omkring 1912—1913 begyndte man for Overbygningerne III, IV og V at anvende Svelleskruer til Skinnernes Befæstelse (Overbygninger B).

De danske Statsbaner¹⁾ anvender nu paa sekundære Linier 37 kg Skinner (Overbygning IV) og paa Hovedlinier 45 og 60 kg Skinner (Overbygning V og VI).

45 kg Skinnen har en Bæreevne, der svarer til de største ved Statsbanerne tilladte Akseltryk. (For Lokomotiver et statisk Akseltryk paa 19 ts, og for

¹⁾ Erik Petersen: Overbygning med 60 kg Skinner ved De danske Statsbaner. »Ingeniøren« 1940, Side B. 157.

Vogne 20 ts). Naar man har indført en ny Overbygningstype (VI) med en sværere Skinne, (60 kg pr. m), er det gjort for at faa et Spor, som med mindre Vedligeholdelsesarbejde er i Stand til at holde den Justeringsstandard, som er nødvendig for Baner, der befares af Tog med stor Kørehastighed.

Skinnevægten i dette 60 kg Profil Fig. 21 er fastsat efter et Skøn. Det franske Jernbaneselskab Paris-Lyon-Méditerranée havde i 1933 indført en 62 kg Skinne¹⁾, der ikke egnede sig for de danske Baner, blandt andet fordi man, for at kunne anvende Skinne uden Underlagsplader, ønskede et Profil med en i Forhold til Højden bredere Fod end den franske. En 60 kg Skinne har et Inertimoment dobbelt saa stort som 45 kg Skinnens. Den 60 kg Skinne anvendes uden Underlagsplader paa Sveller af haardt Træ.

Ved Sporforstærkninger paa De danske Statsbaner anskaffer man Skinner af svært Profil til Ombygning af Hovedlinier. De ved Sporforstærkningerne indvundne Skinner afkortes 0,50 m i hver Ende for at fjerne Udplætning og udslidte Laskekamre, og anvendes derefter til Ombygning af sekundære Linier, hvis Skinner er opslidte. Forinden de indvundne Skinner atter anvendes, foretager man en omhyggelig Sortering efter Slid, saaledes at ens slidte Skinner kommer til at ligge sammen og faar paa denne Maade et udmærket Spor; der anvendes til dette nye Lasker og koblede Stødsveller.

Paa Grund af den store Indflydelse, amerikansk Jernbaneteknik har haft paa Udviklingen i Europa, skal gives nogle Oplysninger om de Skinnekonstruktioner, der anvendes i U.S.A.²⁾

I U.S.A. fik man i forrige Aarhundrede en Mængde forskellige Skinneprofiler; i 1891 havde man saaledes 119 Profiler med 27 forskellige Vægte. Allerede i 1885 havde American Society of Civil Engineers (A.S.C.E.) nedsat et Udvalg som skulde foreslaa Standardprofiler. Dette Forslag forelaa i 1893.

Ved dette er Skinnehøjde og Fodbredde den samme. Profilerne for de forskellige Skinnevægte er praktisk talt ligedannede med en Materialefordeling i Hoved, Krop og Fod paa 42 %, 21 % og 37 % af hele Skinnevægten. Denne Skinne har man fundet god i hvert Fald indtil 80 pd Skinnevægt.³⁾

I 1905 nedsatte American Railway Association et Udvalg, der skulde fremkomme med Forslag til nye Skinneprofiler for Skinnevægte fra 60—100 pd/yd. Udvalgets Forslag blev godkendt i 1908 og omfattede to Profilerier ARA — a og ARA — b henholdsvis for Hurtigtogs- og Tungtogsstrafik. Begge Profiler havde større Højder end Bredder og laa mere i Retning af europæiske Skinneprofiler. a-Profilen er højest og har betydelig mindre Materiale i Krop og Fod end b-Profilen.

Samtidig med at man antog disse Profiler, blev det overdraget til American Railway Engineering Association (AREA) at udarbejde Skinnespecifikationer, og man henstillede, at der blev fremstillet et Standardprofil for hver Skinnevægt.

Resultatet af dette Arbejde var AREA-Profilerne for 100, 110 og 120 pd, som blev vedtaget i 1915. Senere har AREA, der arbejder som et baneteknisk Kontor for ARA, foreslaaet Profiler for

¹ I svære nye Spor anvendes i Frankrig som Regel en 46 kg Skinne. Paa mange Strækninger holder sig ved Siden heraf en 48 kg eller en 50 kg Skinne. Senest er en 62 kg Skinne blevet indført, og samtidig foretages en yderligere Forstærkning af Sporet ved Forøgelsen af Antallet af Sveller. (Revue Générale, 1937, Sænummer, S. 24).

² Olaf Trætteberg: Skinner og Skinnelegging i U.S.A. M f N S. 1940, S. 13.

³ Ved Omsætning fra Skinnevægt i pd/yard til kg/m divideres Vægt i pd/yard med 2 (nøjagtigt 2,015).

130, 140 og 150 pd Skinner. Af disse er lagt en betydelig Mængde af 130 pd Skinner, som er ændret til 131 pd med yderligere forøget Højde.

Ved Siden af disse Standardskinner har flere Selskaber egne Profiler med Skinnævægte paa 127, 136 og 152 pd. Pennsylvania Railroad har saaledes en 152 pd Skinne med en Højde paa 203 mm.

Tabel 3.

Godhedsforhold for danske Skinner.

	Skinnens							
	Vægt	Inerti- moment	Mod- stands- moment	Godheds- forhold		Areal	Afstand fra neu- trale Akse til Fodens Underkant	Arealets Fordeling Hoved- Krop- Fod.
	<i>G</i>	<i>I</i>	<i>W</i>	<i>I/G</i>	<i>W/G</i>	<i>F</i>		
	kg/m	cm ⁴	cm ³			cm ²	mm	%
De danske Statsbaner...	60	3090	331,0	51,5	5,51	76,53	78,5	37,2— 24,2— 38,6
— ...	45	1501	208,5	33,4	4,64	57,34	68,0	
— ...	37	1020	154,0	27,6	4,16	47,1	61,7	
— ...	32	743	123,4	23,2	3,86	40,9	57,8	
— ...	22,5	349	70,1	15,5	3,12	28,8	—	
— ...	17,5					22,22	38,5	
Danske Privatbaner.....	22,45	348	70,8	15,5	3,16	28,6	—	

Alle større amerikanske Jernbaneselskaber anvender tunge Skinner, I 1927 havde 68,8 % af Skinneproduktionen en Vægt over 100 pd, og ca. 25 % havde Vægte paa 120 pd og derover.

Ikke alene de forøgede Akseltryk, (32 ts) har fremtvunget de større Skinnævægte, men man er enig om, at det er god Økonomi, at anvende et overdimensioneret Profil. Man opnaar derved at reducere Vedligeholdelsesudgifterne, forøge Skinnernes Levetid, reducere Antallet af Skinnebrud og faa bedre Kørsel med deraf følgende mindre Slag og Slid paa det rullende Materiel.

Sammenligner man en gammel og ny, tung og let Overbygning, er det ikke altid lige nemt at finde ud af, hvilken Forbedring af Sporet, der skyldes de større Profiler, hvilken den bedre Befæstelse, eller hvilken den mere rationelle Vedligeholdelse. Men Skinnebrudene er færre paa 110 pd Skinner under den tungeste Trafik end paa 90 pd og lettere Skinner under middelsvær Trafik.

Virkningen paa Vedligeholdelsesudgifterne af Anvendelse af tunge Skinner er dels direkte og dels indirekte; mange Sidevirkninger, bl. a. Svellernes Levealder kan først afgøres efter længere Tids Forløb.

Da tunge Skinner¹⁾ har større Stivhed baade i vandret og lodret Retning og fordeler Trykket paa en større Ballastflade, er Vedligeholdelsesudgifterne for Spor, som er lagt med dem, mindre. Med forbedret Skinnekonstruktion og tungere Skinner følger ogsaa stærkere Stødforbindelser, større Underlagsplader, mindre Svelleslid o. s. v., men Virkningen af hver enkelt Ting er vanskelig at angive.

Tungere Skinner faar længere Levetid, og en Forlængelse af Levetiden følges af en Formindskelse af Vedligeholdelsesudgifterne.

Tungere Skinner forlænger Svellernes Levetid, fordi Trykket bliver bedre fordelt, og fordi Bølgebevægelserne bliver mindre. Ogsaa Skinnespigrene ødelægger Svellerne mindre ved tunge Skinner, da der kræves færre Omspigringer. Ved tungere Skinner bliver der mindre Arbejde med Løftning af Skinnestødene. Ved den mindre Bølgebevægelse bliver, især ved Stødene, mindre Tryk og Slag overført til Ballasten.

Den russiske Professor Dr. techn. *Schachungjanz* har behandlet Spørgsmaalet om Skinnevægtens Afhængighed af største tilladte Akseltryk. Han mener, at man ikke kan sætte Skinnevægten g i kg/m lig en Konstant k Gange største Lokomotivakseltryk G . Konstanten k varierer ved denne Beregning ved de forskellige Grupper af Akseltryk; saaledes er for europæiske Skinner for $G = 18 - 22$ ts $k = 2,2 - 2,8$ og for amerikanske Skinner for $G = 27 - 35$ ts $k = 1,7 - 2,3$.

Schachungjanz gaar ud fra Ligningen for Bøjning $\sigma = \frac{M}{W}$ og finder et enkelt Udtryk $g = a\sqrt[3]{G^2}$, hvor a er en Konstant, som for de sædvanlige Skinneprofiler af gamle Former er = 5,5 og for de nyeste Skinneprofiler = 6,5.

Efter denne Formel kan opstilles følgende Forhold mellem Akseltryk og Skinnevægt.

Akseltryk i ts.....	13	16	18	20	22
Skinnevægt kg/m.....	30,2—35,8	34,9—41,3	37,8—44,7	40,5—47,9	43,2—51,0
Akseltryk i ts.....	24	25	26	28	30
Skinnevægt kg/m.....	45,8—54,1	47,0—55,6	48,3—57,1	50,7—59,9	53,1—62,7
Akseltryk i ts.....	35				
Skinnevægt kg/m.....	58,8—69,6				

¹⁾ Virkning av tunge skinner på vedlikeholdsutgiftene. M.f.N.S. 1940, S. 41.

En omtrent lignende Formel $g = 0,41 \sqrt[3]{\frac{G^2 l^2}{\sigma^2}}$ bruges af *de svenske Statsbaner*. Her er $G(\text{kg})$ største Hjultryk $l(\text{cm}) =$ største Svelleafstand fra Midte til Midte og $\sigma (\text{kg/cm}^2) =$ største tilladte Paavirkning af Skinnerne. σ sættes i Sverige $= 1100 \div 5V$, hvor $V(\text{km/T})$ er største tilladte Hastighed.

b. Stolskinner. Stolskinner har deres Hjem i England; de anvendes i Hovedsagen kun der og i en Del af Frankrig. De er forskellige fra Vignoleskinner ved, at de ikke har en bred Fod, men kræver særlige Stole til deres Anbringelse i Sporet (Fig. 29).

Stolskinner var oprindelig symmetriske om en vandret Akse gennem Tyngdepunktet, men man giver dem nu et svært Hoved, en svær Krop og en svagere Fod (Fig. 30). Formen af Hovedet og Hældningen paa Laskernes

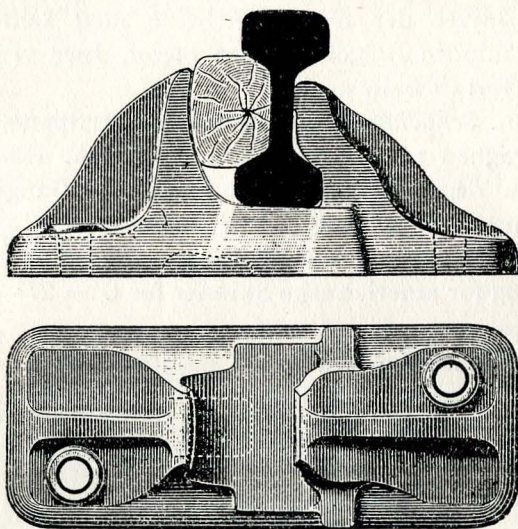


Fig. 29. Stolskinne og Stol.

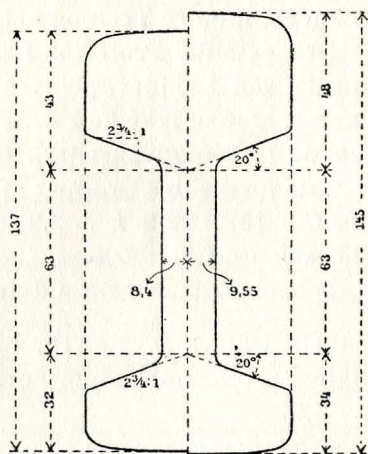


Fig. 30. Engelske Normalprofiler.

Anlægsflader er som ved Vignoleskinner, mens Kroppen maaske gøres noget tykkere. Fodens Form er bestemt af, at Skinnen let og sikkert skal kunne anbringes i Stolen.

Stolskinneprofilet er lettere at valse, da det ikke som Vignoleskinneprofilet har en bred og tynd Fod, der gør Afkøling og Tilretning vanskelig. Den yderste Skal af Stolskinnerne hærder i en saadan Dybde, at Skinnens Leve-

tid forlænges. Man mener at kunne konstatere en Tykkelse af haardt Staal i Kørefladen paa 5 mm, og da Skinnebrud som Regel først indtræder, naar Hjulene begynder at løbe paa Kærnestaalet, synes denne Hærdning, der kun foregaar i afgørende Grad ved Stolskinner, at tale til Fordel for disse.

Formen af Stolskinnernes Fod gør det valseteknisk muligt at lægge en stor Materiale-mængde i Hovedet.

Det er Stolen, der karakteriserer Stolskinneoverbygningen; i den lægges Skinnen ind, og den er selv forsvarligt fastgjort til Svellen, som Regel med Skruer. Stolen er af Støbejern; dens indvendige Kæbe trykker mod Skinnekroppen, den udvendige Kæbe naar op i Højde med Skinnehovedet, og mellem den og Skinnen er der et Mellemrum, hvori den Kile drives ind, der holder Skinnen paa Plads.

Kilerne er af Træ, og Eg, Rød- og Hvidbøg synes at egne sig lige godt; Erfaringen viser, at Rystelser og skiftende Fugtighedsforhold ikke løsner Kileforbindelsen. Staalkiler har ikke faaet videre Udbredelse.

Det er en Fordel ved Stolskinner fremfor Vignoleskinner, at Omdrejningspunktet for Væltning udefter ligger højere oppe, saa det væltende Moment bliver mindre; den dybe Beliggenhed af Svellerne gør, at Sporet kommer til at ligge roligere, og at Svellerne holder længere. I Tunneler ødelægger Fugtigheden i Forbindelse med Røgen fra Lokomotiverne Vignoleskinnernes Fod paa det Sted, hvor de hviler paa Svellerne; dette sker ikke ved Stolskinner.

En Skinnes »Godhed« maales som ovenfor omtalt ved Forholdet mellem Inerti- og Modstandsmoment og Vægt. Godheden er i Almindelighed mindre ved Stolskinner end ved Vignoleskinner. I Gennemsnit er for

Vignoleskinner	Stolskinner
$W = 0,25-0,27 F \cdot h$	$W = 0,21-0,22 F \cdot h$
$J = 0,13 F \cdot h^2$	$I = 0,105-0,115 F \cdot h^2,$

hvor F er Skinnens Tværsnitareal og h Skinnehøjden. Stolskinnernes Højde er omtrent 1,1 Gange Vignoleskinnernes, hvis man med samme Tværsnit skal have samme Modstandsmoment. Da man imidlertid for de nyeste Vignoleskinner har anvendt Højder, der er større end Stolskinnernes, er Vignoleskinnernes Godhed forøget i Forhold til de nyeste Stolskinnernes.

Paa franske Baner var Stolskinner i lange Tider meget yndede, men erstattes nu mere og mere af Vignoleskinner; de holder sig navnlig paa Steder, hvor man bruger Fyrresveller paa Grund af Stolenes store Hvileflade.

Fordele og Mangler ved Stolskinner og Vignolesskinner i Forhold til hinanden kan kort sammenfattes saaledes:

Fordele ved en Stolskinneoverbygning:

Hvilefladen paa Svellerne er stor, Skinnen ligger fast, Svellerne holder længere, Overbygningen ligger dybt i Ballasten, Skinnerne er lette at udveksle, Vedligeholdelsesarbejdet er lettere, Stolskinner indbygges lettere i Kurver, Stolskinner er lettere at valse, Materialet bliver lettere ensartet i Skinnens forskellige Dele, saa der kan anvendes haardere Materiale, der giver Skinnerne større Levetid, Skinnevandring hindres lettere.

Mangler ved en Stolskinneoverbygning: højere Indkøbspris, større Ballastmængde og mindre Sidestivhed.

Fordele ved en Vignolesskinneoverbygning: lavere Indkøbspris, mindre Ballastmængde og større Sidestivhed.

Mangler ved en Vignolesskinneoverbygning: Hvilefladen paa Svellerne er lille, Svellerne slides stærkere, Spiger og Svelleskruer slides stærkere, Skinnens Nedbøjning løsner Spiger og Svelleskruer, hvorfor Vedligeholdelsesarbejdet er vanskeligere, Lægning i Kurver er vanskeligere, og Tværsnitsformen er vanskeligere at valse, idet Afkølingen af den tynde Fod og det svære Hoved foregaar forskelligt.

En Del af Manglerne ved Vignolesskinneoverbygningen afhjælpes ved Sveller af blødt Træ ved Anvendelse af Underlagsplader, og iøvrigt ved Adskillelse mellem Skinnernes Befæstelse til Underlagspladerne og disses Befæstelse til Svellerne, ved Anvendelse af særlige Midler mod Skinnevandring, ved rationel Konstruktion af Stødet m. m.

§ 7. SKINNELÆNGDEN

1. INDLEDNING

Støbejernsskinner var i Begyndelsen af forrige Aarhundrede indtil 1 m lange. Valsede Smedejernsskinner var i 1820 15' eng. = 4,57 m lange, i 1850 6—7 m. I 1870 naaede man undtagelsesvis op til en Længde af 7,5 m. Da man omkring 1880 begyndte at anvende Skinner af Flusstaal, blev Længden 9 m, og i 1892 var man naaet op til 12—15 m, og herved blev man staaende, idet man dog i visse Tilfælde anvender Længder paa 18—20 m.

For at anvende store Skinnelængder taler, at Antallet af Skinnestød derved formindskes. Det antages, at Sporets Paavirkning er mindre ved lange Skinner end ved korte, og at Trækkraften kan være mindre ved lange Skinner end ved korte, da Nedbøjningerne ved Stødene bliver mindre i Antal.

Større Skinnelængder vil, naar der ikke bliver Fare for Solkurver, byde store Fordele.

Fremstilling af Skinner i 30—40 m Længde paa Valseværkerne er meget vel mulig. Men desuden er S sammensvejsning af Skinnerne ude i Sporet blevet en Fremgangsmaade, der anvendes i stor Udstrækning.

De Skinner paa 30—40 m Længde, som fremstilles i Valseværker, eller som svejses sammen i et stationært Svejseanlæg, kan uden Vanskelighed køres ud paa Linien og indlægges paa sædvanlig Maade. Vælger man væsentlig længere Skinner, maa Svejsningen udføres i Sporet. Men i saa Fald vil, saa snart Temperaturen afviger nogle Grader fra den neutrale Temperatur, Sporet staa under Spænding, hvilket kræver særlige Foranstaltninger. Svellerne maa ligge i Skærveballast, og Skinnerne maa være fæstet til Svellerne med en meget rammestiv Forbindelse, dersom Sporet ikke skal bøje ud.

Jo længere Skinnen bliver, desto større maa Boltehullet ved Stødet gøres, for at Boltten kan faa Plads til at følge Naboskinnens Bevægelse. Den Svækkelse, som Skinnen lider ved Hullet, sætter en Grænse for dettes Størrelse og hermed for Skinnens Længde.

Valseteknik er der intet i Vejen for at fremstille Skinner i stor Længde. Den færdigvalsede Skinnestreng har i Reglen en Længde af ca. 80 m, og kun Værkernes Installationer til den videre Bearbejdning af Skinnerne danner en Grænse for, i hvilke Længder disse maa afskæres ved Varmesaven. Af Hensyn til Transporten af Skinnerne, der til Danmark væsentligst foregaar pr. Skib, har man her i Landet maattet blive staaende ved 15.00 m som Maksimum. Dog leveres 20,00 m lange Skinner til Anvendelse i Niveauoverkørsler, for at man kan undgaa Stød i disse; saadanne Skinner transporteres som Dækslast.

I Frankrig anvendes Skinnelængder 18 eller 24 m, i Schweiz og Belgien 18 m.

Skinner af større Længder end 15 m faas i Danmark ved Skinnesvejsning, idet 15,00 m Skinner to og to svejses sammen til en 30,00 m Skinne.

Som Normallængde for 60 kg Skinner er fastsat 60 m. Skinnerne anskaffes i 15 m Længde, og sammensvejses paa Statsbanernes Skinnesvejsningsanlæg i Fredericia ved elektrisk Modstandssvejsning til de ønskede Længder. Ved Transporten af 60 m lange svære Skinner paa sammenlæssede aabne Godsvogne følger Skinnerne ved Vognenes Passage gennem Kurver uden Vanskelighed Sporets Krumninger.

For alle andre Skinner anvender De danske Statsbaner 30 m Skinnelængde.

For 30 m Skinnelængde taler:

1. Laskerne sidder ikke generende tæt, (ved saa stor Hastighed som 160 km i Timen, er Tiden mellem to Laskeslag kun 2/3 Sek.)
2. 30 m Skinnen er let haandterlig.
3. ved Skinnebrud eller andre Ødelæggelser iværksættes Udskiftning let.

Mod 30 m Skinnen og for større Skinnelængder taler:

1. færre Lasker gør det lettere at vedligeholde Sporet og at holde det i rigtigt Leje.
2. færre Lasker giver billigere Overbygning.
3. færre Lasker giver roligere Kørsel og derfor mindre Reparationsomkostninger baade for Spor og rullende Materiel.

Naar Skinnelængden gøres større, formindskes Antallet af Stød og dermed for Vignoleskinner i visse Tilfælde ogsaa Antallet af Steder, hvortil Sporet er fæstet; ved saadanne Skinner bliver det derfor nødvendigt at gøre noget for at hindre Skinnevandring.

2. LANGSKINNER

Togenes Hastighed og Vægt, og især Kørsel med meget hurtige Tog, har gjort Spørgsmaalet om Anvendelse af Langskinner aktuelt.

Ved Langskinnespor forstaar man et Spor, hvor Afstanden mellem Stødene er saa stor, at det ikke er muligt i Stødene at have et Temperaturspillerum, der kan optage hele Sporets Varmebevægelse. En Del af Varmebevægelsen maa forvandles til Træk- eller Trykspændinger i Sporet. Og disse Træk- eller Trykspændinger skal optages paa en eller anden Maade. Et Spor af 30 m lange Skinner er et Langskinnespor.

Det Problem, der skal løses, bestaar i at finde, under hvilke Betingelser et Langskinnespor kan lægges og vedligeholdes, uden at man løber Risiko for, at det deformeres under den samlede Virkning af en Variation af den ydre Temperatur, af Skinnevandringen og af Togenes Passage.

Forsøg med svejset Spor i et Hundrede Meters Længde i Sidespor har ikke vist Vanskeligheder paa nogen Aarstid ved Togenes Passage.

Men en Løsning af Langskinneproblemet vil have større Betydning i Hovedspor end i Sidespor. Det Slid, som Skinner i Hovedspor med svær Trafik er

udsat for, fremskynder deres Udskiftning, ved at Skinneenderne udplattes, saa der kræves meget Arbejde af Vedligeholdelsesmandskabet. Det er i Hovedspor, Stødmellemrum og Smaamangler ved Skinneenderne har den mest skadelige Virkning ved store Hastigheder.

Det skal derefter omtales, hvorledes et Spor ude paa Banelinien arbejder, idet der alene tænkes paa de Forhold, der er en Følge af en kortere eller længere Afstand mellem Skinnestødene.

Skinneenderne hamres af Hjulbandagerne ned ved Passagen over Stødet, men man er ikke helt klar over, hvorledes dette sker. Det synes, som om det sker enten ved et direkte Slag eller ved et Spring af Hjulet ved Passagen over Stødmellemrummet. Derved knuses Skinneenden, og der fremkommer en Fordybning i Skinnehovedet, hvis Plads kan være forskellig, men som synes at ligge længere fra Stødet, jo større Hastigheden er. Denne Hamren fremkalder koldt en Deformation af Skinnehovedet.

Det er muligt, at denne Række Slag kan forklare Skinnevandringen; men det har endnu ikke været muligt at bevise det.

Den Teori, der forklarer Skinnevandringen ved Variationer i Skinnefodens Længde ved hvert Hjuls Passage, kan heller ikke give en udtømmende Forklaring.

Togets Passage frembringer forbigaaende Deformationer af Skinnen, Vibrationer og en let Løftning. Den mindste Fejl i Skinnens Plads giver Anledning til Slag, som fremhæver den oprindelige Fejl. En saadan Paavirkning kan pludselig bryde en ustabil Ligevægt, fremkaldt i et Spor ved for hurtig Udvidelse af Skinnerne.

Selv om et Spor ligger fuldstændig rigtigt, faar det næsten altid ved Hjulenes Passage en Slagpaavirkning, som undertiden kan naa en Værdi af samme Størrelse som den statiske Paavirkning.

Sporet paavirkes desuden fra Hjulenes Styrekranse af Sidekræfter, hvis Størrelse kan naa op til $\frac{1}{4}$ af det lodrette Tryk.

Friktionskoefficienterne for Gnidning mellem Skinner, Lasker, Underlagsplader, Sveller eller Ballast kendes ikke nøjagtigt og er især meget variable. Deres Indflydelse er betydelig.

Resultatet af de Iagttagelser, man har gjort, er, at et Spor, der paavirkes af forskellige og variable Kræfter kun meget sjældent kan være i Ligevægt og fuldstændig Hvile.

Efter de ældre Regler for Lægning og Vedligeholdelse af et Spor skal der ved Laskerne være et Mellemrum, saa der kan foregaa en fuldstændig Temperaturudvidelse ved de Temperaturer, der kan forekomme. Og Laskerne

skal passes saaledes, at Boltene altid er spændt paa en saadan Maade, at de ikke hindrer Skinneneenderne i at bevæge sig imellem Laskerne.

Den Uregelmæssighed, som viser sig i Stødmellemrummenes Størrelse, stammer fra den Modstand, som Laskerne og Svellernes Friktion mod Ballasten gør mod Skinnernes Længdeforandringer. Hvor en Laske ikke lader et Stød aande, tvinger den et Nabostød, hvor Modstanden i Lasken er mindre, til at gøre det. Dette har gjort Kørslen sikker selv ved de største Hastigheder, i stærkeste Varme, ved de største Temperaturvariationer.

Skal Langskinner anvendes, reduceres Antallet af Stød, og Stødmellemrummenes Størrelse bestemmes paa anden Maade.

Langskinneproblemet er endnu ikke løst, og de Baner, der paa enkelte Steder har anvendt Langskinner ud over Længder paa 50—60 m, er ikke naaet længere end til Forsøgsstadiet.

Fra omkring 1930¹⁾ er der foretaget en stor Række Undersøgelser over Lægning af Spor med Skinnelængder paa 30 m eller mere for

- at komme til Klarhed over, under hvilke Forhold et Spor deformeres og forskydes under forskellige Paavirkninger.
- at finde, hvilken Modstand Sporet i sin nuværende Udformning kan gøre herimod.
- at bestemme de Midler, der er i Stand til at forøge denne Modstand, saa enhver Deformation undgaas.

Disse Undersøgelser har dels omfattet teoretiske Studier, dels Forsøg og direkte Maalinger.

De hidtil afholdte Forsøg med Langskinner har vist, at Anvendelse af en Middelskinnelængde paa et halvt Hundrede m ikke synes at medføre særlige Vanskeligheder. I et Spor med 24 m lange Skinner, der meget almindeligt anvendes, vil Blokering af et Stød ved Sporets Temperaturbevægelse medføre, at man maa regne med den dobbelte Stanglængde, og Erfaringen viser, at dette ikke medfører Vanskeligheder.

Forsøg med Skinnelængder over væsentligt et halvt Hundrede m er kun foretaget i mindre Omfang og er for nye, til at endelige Resultater kan udtrages.

Ved de hidtil almindeligt anvendte Skinnelængder paa indtil 15 m, har

¹⁾ Flament: Les possibilités d'emploi des très longues barres dans l'armement des voies ferrées. Revue Générale, 1937, S. 207—221.

²⁾ Bulletin du Congrès de l'Association Internationale des Chemins de Fer. Januar 1937.

man altid lagt Sporet med saadanne Temperaturspillerum, at Skinnerne havde Plads til frit at kunne aande ved stigende eller faldende Temperatur. Sættes højeste og laveste forekommende Skinnetemperatur til $+55^{\circ}$ og $\div 25^{\circ}$ C (i Frankrig regnes fra $+60^{\circ}$ til -20° C) vil en 15 m lang Skinne indenfor dette Temperaturinterval paa 80° kunne undergaa en Længdeændring

$$15000 \cdot 0,0000105 \cdot 80 = 12,6 \text{ mm}$$

idet Skinnestaalets Udvidelseskoefficient er $10,5 \times 10^{-6}$. Muligheden, for at Skinnen frit kan aande dette Stykke, gives ved, at der i Stødforbindingen mellem Bolte og Boltehuller tilvejebringes et tilstrækkeligt stort Spillerum. Forøger man Skinnelængden til 30 m, vil Skinnen for at kunne aande frit kræve et største Temperaturspillerum paa 25,2 mm. Men saa store Temperaturspillerum vilde give ubehagelige Stød under Kørslen, og Skinneenderne vilde hurtigt blive udplattede. Man maa derfor lægge Sporet med Temperaturspillerum, som ikke giver Plads til, at Skinnerne ved alle forekommende Temperaturer kan aande frit.

Naar Spillerummet mellem Skinnerne ved stigende Temperatur lukkes, eller det i Laskeforbindingen mulige Udtræk ved faldende Temperatur naas, vil yderligere Temperaturstigning eller Temperaturfald give henholdsvis Tryk- eller Trækspændinger i Skinnerne.

En Temperaturforøgelse paa t° vil give en Skinne af Længde 1 en Forlængelse $\lambda_t = 1 \cdot a \cdot t$, hvor a er Varmeudvidelseskoefficienten. Skal en Sammentrykning λ_{σ} af Skinnen finde Sted ad mekanisk Vej, kræver dette en Kraft σ pr. cm^2 bestemt ved

$$\lambda_{\sigma} = \frac{\sigma \cdot 1}{E}$$

hvor E , Elasticitetskoefficienten for Skinnestaal, kan sættes til 2,200,000.

Skal Temperaturudvidelse og Sammentrykning udligne hinanden skal

$$\lambda_t + \lambda_{\sigma} = 0$$

$$1 a t + \frac{\sigma 1}{E} = 0$$

$$\sigma = \div E a t = \div 2200000 \cdot 0,000011 \cdot t = \div 24 t$$

hvilket vil sige, at 1° Temperaturforøgelse vil, naar Skinnen paa Grund af lukkede Temperaturspillerum ikke kan udvide sig yderligere, give en Spændingsforøgelse af $\div 24 \text{ kg/cm}^2$ (Trykspænding), og en Temperaturformind-

skelse paa 1° vil, naar Skinnen paa Grund af fuldt Udtræk i Laskeforbindelsen ikke kan trække sig yderligere sammen, give en Spændingsforøgelse af $+ 24 \text{ kg/cm}^2$ (Trækspænding).

Tænker man sig 30 m Skinner lagt saaledes, at det i Laskeforbindelsen mulige Udtræk, 20 mm, helt udnyttes, vil dette kunne optage en Temperaturvariation paa

$$\frac{20}{30000 \cdot 0,0000105} = 63^\circ$$

Da det Interval, indenfor hvilket Skinnetemperaturen maa antages at kunne svinge, regnes til 80° , bliver der altsaa $80 - 63 = 17^\circ$ tilbage, hvis tilsvarende Længdeændringer ikke vil kunne udlignes ved Bevægeligheden i Stødforbindelsen, men maa optages som Spændinger i Skinnen.

Den Modstand, som Jernbaneskiner ved Længdeforandringer som Følge af Temperaturforandringer skal overvinde, bestaar dels af den over Skinnelængden tilnærmelsesvis ensformigt fordelte Modstand fra Svellerne i Ballasten og dels fra Friktionen mellem Lasker og Skinner og endvidere mellem Laskeboltenes Hoveder og Underlagsskiver og Laskerne.

Ved de Bestræbelser, der gøres for at holde Skinnemellemrummet saa lille som muligt, er det vigtigt at kende disse Modstande nøjagtigt for derved at gøre Beregningen af Mellemrummet saa nøjagtig som muligt. Paa den anden Side er det nødvendigt, at Mellemrummene bliver indbyrdes lige store, for at der i hver Skinneforbindelse skal optræde de samme Modstande; de enkelte Forbindelser skal altsaa modvirke Skinnernes Udvidelse og Sammentrækning med samme Kraft.

Ved normal Tilspænding af Laske- og Klemladebolte maa man regne med en vis Laskefriktion R kg og en vis Friktion paa Svellerne r (kg pr. cm af Skinnelængden). Ved Forsøg har det vist sig, at Modstanden mod Skinnens Glidning paa Svellen i Reglen var større end Modstanden mod Svellens Forskydning i Ballasten.

Ved stigende eller faldende Temperatur skal disse Friktioner overvindes, før Skinnen kan forskyde sig.

For den danske 45 kg Overbygning (VC) kan man eksempelvis regne $R = 10000$ kg og $r = 7,5$ kg pr. cm af Skinnelængden.

De Temperaturer, som er nødvendige for at overvinde R og $r \frac{l}{2}$ bliver henholdsvis

$$\frac{R}{24 F} \text{ og } \frac{rl}{48 F}$$

idet F er Skinnens Tværsnitareal. Stiger (falder) Temperaturen udover $\frac{2R + rl}{48 F}$, vil Skinnen udvide (sammentrække) sig i hele sin Længde. Denne Udvidelse vil fortsætte, indtil Temperaturspillerummet lukkes (aabnes helt), hvorefter hver Grads yderligere Temperaturstigning (Temperaturfald) vil medføre, at Spændingerne i Skinnen yderligere vokser med 24 F kg.

De danske Statsbaner anvender nedenstaaende Lægningsregler for Spor med 30 m Skinner.

Spillerum i mm	Skinnetemp. i Gr. C	Spillerum i mm	Skinnetemp. i Gr. C.
6	÷ 5 til ÷ 3° C.	12	+13 til +15° C.
5	÷ 2 » 0	11	+16 » +18
4	+ 1 » + 3	10	+19 » +21
3	+ 4 » + 6	9	+22 » +24
2	+ 7 » + 9	8	+25 » +27
1	+10 » +12	7	+28 » +30

Sporlægning kan kun finde Sted indenfor de angivne Temperaturer. Skinnetemperaturen maales ved et ved Siden af Sporet opstillet Skinnetermometer.

Tænkes en Skinne lagt spændingsløs i Sporet ved en bestemt Temperatur med Bolte og Skruer tilspændte, vil der ved en Temperaturforandring til at begynde med ikke ske nogen Længdeændring af Skinnen.¹⁾ Først naar den paa Grund af Temperaturændringen opstaaende Spænding er blevet saa stor, at den netop kan overvinde Laskefriktionen R , vil Skinnens Ender begynde at aande; og til at begynde med kun Stykket fra Stødet til første Svelle. Naar Spændingen er vokset saa stærkt, at ogsaa Friktionen paa den første Svelle er overvundet, deltager Skinnestykket helt hen til anden Svelle i Aandingen o. s. v., indtil til sidst Spændingen er blevet saa stor, at de to Skinnehalvdele helt ind til Midten deltager i Aandingen. I Skinnemidten vil man altsaa faa den største Spænding.

Laskernes Friktionsmodstand er afhængig af Laskeboltens Tiltrækning. Trækspændingen i Boltene er maalt op til 21,4 kg/mm², altsaa en høj Paa-virkning, naar man tager Hensyn til, at Boltene udføres af almindeligt Materiale. Vil man ikke gøre Boltene stærkere, bør man ikke trække Møttrikerne for stærkt til, og især forbyde at anvende forlængede Nøgler. Saa længe Møttrikerne ikke er for fast trukket an, glider Laskerne kontinuerligt, men

¹⁾ Alfred Africano: Une nouvelle théorie sur la dilatation des rails. Revue Générale 1938. I, S. 66.

ellers i Ryk med høj Knagen. En saa kraftig Tiltrækning af Laskerne, at Skinneenderne ligesom var fortandede med dem, vilde betyde, at flere Skinnelængder vilde forholde sig som en enkelt Stang, at altsaa Sporet knækker ud ved Varmeudvidelser, i hvert Fald at der dannes ulige store Stødfuger.

Det anbefales at smøre Glidefladerne mellem Laskebolte og Lasker paa den ene Side, disse og Skinnerne paa den anden Side, med Grafit. Derved paavirkes Friktionen selv efter længere Tids Forløb, naar Fladerne synes tørre og kun viser Spor af Smøremidlet. Saalænge der ikke indtræder en rykvis Bevægelse, forholder Friktionen K mellem Lasker og Skinne og K^1 mellem Laskebolte og Lasker sig som 65:35. Er det aksiale Skinnetryk 23000 kg, er $K = 15000$ kg og $K^1 = 8000$ kg. Ved en Hældning af Indersiden af Skinnehovedet og af Oversiden af Skinnefoden, mod hvilke Laskerne støtter, paa 14° eller omtrent 1:4, findes Friktionsværdien Laske mod Skinne 0,13 og Bolt (d. v. s. Hoved og Underlagsplade) mod Laske 0,3.

Friktionen mellem Skinnen og Laskernes Støtteflader giver et Overfladeslid, der efter nogen Tid gør det nødvendigt at trække Laskeboltene til. Det anbefales derfor at anvende en Hældning paa Støttefladerne 1:3, ved hvilken Faren for Fortanding og Slid er mindre.

Uden større Vanskelighed vil man med nogenlunde Sikkerhed kunne danne sig et Begreb om, hvilke Spændinger, der under givne Forudsætninger for Sporets Lægning vil kunne optræde i det. Betydelig vanskeligere bliver Afgørelsen af Spørgsmaalet om, hvor store Spændinger af denne Art man tør byde et Spor, uden at Sikkerheden for Sporets Stabilitet bliver for ringe.

Trækspændinger i Skinnerne vil forøge de i Skinnefoden som Følge af Togbelastningen opstaaede Bøjningsspændinger, og vil altsaa, saafremt de bliver for store, kunne medføre Fare for Skinnebrud. Endvidere vil Trækspændinger, som skal optages af Stødforbindelsen, d. v. s. Spændinger opstaaet paa Grund af Temperaturfald, efter at Udtrækket i Stødforbindelsen har naaet sin største Værdi, paavirke Laskeboltene, og vil, saafremt de bliver for store, kunne medføre disses Overklipping.

Trykspændinger i Skinnerne vil udsætte Sporet for Søjlepaavirkning, og vil, saafremt de bliver for store, kunne medføre Fare for Udslag af Sporet.

Da Udslag af Spor kan finde Sted saavel i lodret Retning (Løftning) som i vandret Retning, maa man kende Sporets Inertimoment saavel om den vandrette som om den lodrette Akse. Det første lader sig temmelig let bestemme, idet det maa være to Gange Skinnens Inertimoment om den vandrette Akse. I vandret Retning afhænger Inertimomentet af Stivheden af For-

bindelsen mellem Skinner og Sveller, altsaa af i hvor høj Grad Sporryggen (Skinner og Sveller) kan betragtes som en sammenhængende Drager.

Dette beror paa den paagældende Konstruktion; det er endnu ikke lykkedes at opstille eksakte Beregninger til Bestemmelse heraf.

Hovedbetingelsen for, at Langskinner kan anvendes, er, at Skinnevandringen ophæves, saa man kan være sikker paa, at de forudsatte Temperatur-spillerum altid er til Stede, saa Spændingerne ikke kommer til at overskride de beregnede Størrelser, og at der anvendes bedste Kvalitet Ballastskærver, saa Modstanden mod Svellerens Forskydning i Ballasten bliver stor, og at der anvendes mange og tunge Sveller.

Mod gennemgaaende Sammensvejsning af længere Sporstrækninger nærer man endnu den Betænkelighed, at Fare for Kastning skal betyde en større Mangel end Fordelene ved et Spor uden Lasker.

En Kastning kan som nævnt finde Sted i en lodret og i en vandret Plan.

Den Længdespænding, der følger af en Opvarmning af Sporet, vil give en Forlængelse af Sporet, saa dette i lodret Plan vil søge at bøje sig opad i en Bue. Herimod virker:

- Modstanden mod Udbøjning af de i lodret Plan paavirkede Skinner.
- Vægten af Skinner med Sveller og Befæstelsesmidler.
- Friktionen for de i lodret Retning ud af Ballasten løftede Sveller. Men denne Virkning falder bort, naar Løftningen har naaet et vist Maal, saa man kan derfor næppe regne med den.

Imod Sideforskydning i vandret Retning virker Svellerens Modstand mod Sideforskydning. Den største Fare for Kastning er Kastning til Siden; de bygningstekniske Forholdsregler til Forhøjelse af Sikkerheden mod Kastning maa i første Linie gaa ud paa at stabilisere Sporet mod vandret Forskydning. I det mindste maa man stræbe efter og naa, at Sikkerheden mod Sideforskydning er større end mod lodret Kastning.

Skinnerens Fastgørelse til Svellerne kan give stor Sporstivhed.

Ved den ældre Maade, der blev anvendt til at befæste Skinnerne til Svellerne var dette ikke Tilfældet; Skinnespigret havde her den 3 dobbelte Opgave at holde Underlagspladen paa Plads og samtidig støtte Skinnen baade vandret og lodret, men Resultatet var ikke tilfredsstillende.

Underlagspladen holdes saa nogenlunde paa Plads, men hver Skinne ligger praktisk talt løs i Underlagspladen, og i egentlig Forstand er der ingen fast Forbindelse mellem de to Skinner.

Anvender man derimod en solid Befæstelse med fastskruede Underlagsplader, faar man en helt anden Sporstivhed. Det er saa ikke to adskilte

Skinner, man kører paa, men Skinnerne er forbundet til en Ramme med mangedobbelt Sidestivhed i Forhold til den tidligere Befæstelse. Og er Sporet lagt i god Ballast, vil et kontinuerligt Spor være lige saa sikkert mod Solkurver som det gamle, hvor Skinnevandring stadig borteliminerer Temperaturmellemmene.

Grundlaget for den bygningsmæssige Udformning af det sammensvejsede Spor maa derfor være: Forhøjelse af Sporets Rammestivhed, bedre Udnyttelse af Ballasten mod Sideforskydning og en Forøgelse af Sporets Vægt.¹⁾

Nogle Baner har søgt at modvirke Skinnernes Opvarmning og deraf følgende Længdeudvidelse, som tidligere omtalt, ved kraftig Befæstelse af Skinnerne til Svellerne (ved Svelleskruer), ved Valg af en forholdsvis høj Temperatur til S sammensvejsning af de spændingsløse Skinner, hvorved der i Skinnerne især skal optræde Trækspændinger. Desuden har man prøvet at lægge Ballasten op paa Skinnefoden og paa Ydersiden indtil Skinnehoovedet for at aflede Varmen og formindske Temperaturforhøjelsen.

Men en saadan ensidig Oplægning af Ballast virker kun saa længe gunstigt, som den Side, hvor Ballasten er, er Solsiden. Kommer Solen paa den Side, hvor Ballasten ikke er, virker Oplægningen af Ballast ugunstigt, fordi saa den Side, der vender fra Solen ikke har Mulighed for at afgive sin overflødige Varme til forbistrygende køligere Luft. Varmeovergang sker lettere til Luft end til Ballast.

3. SPORETS MODSTAND MOD LÆNGDE- OG TVÆRFORSKYDNING

For at bestemme Jernbanespors Modstand mod Længde- og Tværforskydning er der ved den tekniske Højskole i Karlsruhe blevet udført Forsøg.²⁾

Forsøgene er udført med Ballast af friske, rene Skærver og som Regel i tørt varmt Vejr og endelig i forskelligt Vejr med Ballast, der til Dels er ødelagt ved gentagen Understopning.

Ved alle Forsøg blev anvendt 5,0 m lange Sporstykker paa 9 Sveller, dels Jernsveller, dels Træsveller, disse sidste med eller uden Kapper paa Enderne.

Undersøgelserne gik især ud paa at finde den Betydning, som forskellig Anbringelse af Ballasten omkring Svellerne har.

Af Forsøgene fremgik bl. a., at ved Overbygning paa Træsveller har Udfyldningen af Mellemmene mellem Svellerne den største Indflydelse paa Modstanden. Forholdsvis ringe er i alle Tilfælde Betydningen af Ballastfyldning foran Enderne af Svellerne.

Med nogen Forsigtighed bør man overføre Resultaterne af saadanne Forsøg til Spor, der benyttes

¹⁾ Revue Générale 1935 II, S. 67. Longs rails soudés. Revue Générale 1939 I, S. 481 og The Railway Gazette 3-3-1939. Olav Trætteberg: Sveising av jernbaneskiner i U.S.A. M.f.N.S. 1939, S. 77.

²⁾ Ammann og v. Gruenewaldt: Der Widerstand des Gleises gegen Längs- und Querverschiebung. Organ 1934, S. 101.

af Tog med stor Hastighed. Forsøgene er udført med 5,0 m lange Sporstykker, altsaa med Skinnelængder langt mindre end de Længder, der i Praksis er Tale om, og Virkningen af Togs Passage har ikke kunnet undersøges. Men derfor har Forsøgene alligevel betydelig Interesse.

Professor *Felice Corini*¹⁾ mener, at man ved Opvarmning af Skinnerne ved Lægningen ved egnede elektriske Varmeapparater kan opnaa, at Sporet udsættes for Træk- og ikke for Trykspændinger, forudsat at disse Trækspændinger ved de laveste Temperaturer ligger tilstrækkeligt langt fra Brudspændingerne. Lignende Synspunkter har gjort sig gældende i U.S.A.

Corini mener derfor, at man kan svejse til Længder paa 108 m (6×18 m) ved at lægge Sporet ved $+ 32^\circ$ C svarende til et Temperaturspillerum mellem $\div 25^\circ$ C og $+ 55^\circ$ C. Skinnestaalets Brudstyrke 70 kg/mm².

Forankres Svellerne til Undergrunden og anvender man Opvarmning ved Lægningen af Sporet, skulde man maaske kunne svejse Skinnerne i ubegrænset Længde.

Et kørende Tog kan forstyrre Stabiliteten af et under Tryk staaende Spor.

Sporet foran Lokomotivet og bag den sidste Vogn, og især under Vogne med stor Aksel- eller Boggieafstand kan blive løftet paa et vist Stykke, maaske 3—6 m. Ved Løftningen synker Modstanden mod Sporets Sideforskydning i det paagældende Afsnit. Man kan nu forestille sig, at der, ved en Formindskelse af Modstanden til en, selv om ogsaa kun ganske kort Tid gældende, mindre Værdi, kan ske det, at en forhaanden værende Forstyrrelse af Sporets Beliggenhed kan komme til at ligge udenfor den kritiske Tilstand. Et kort Udknækningsspring vil blive Følgen. Gentager dette sig oftere, kan der paa denne Maade under visse Forhold foraarsages en fuldstændig Kastning af Sporet.

Endvidere kan vandrette Kræfter, der udgaar fra Vognene blive farlige for Sporets sikre Beliggenhed. De vandrette Kræfter har kun Betydning for disse Undersøgelser, naar de er større end den af Belastningen foraarsagede Tilvækst i Modstanden mod Sideforskydning. Saadanne Forhold kan især indtræde, naar kun een Aksel eller een Boggie paa en stærkt rystende Vogn virker paa Sporets Forstyrrelsesbølge i større Afstand fra de andre Aksler. Det er muligt, at flere tæt paa hinanden følgende Aksler samtidig udøver store Sidetryk; kun een Aksel kommer i Betragtning for Sidetrykket; de øvrige belaster Forstyrrelsesbølgen og ophæver derved Virkningen af den ene Aksels Sidetryk.

¹⁾ Felice Corini: La construction de la voie pour les grandes vitesses. Bulletin de l'Association Internationale du Congrès des Chemins de Fer. Januar 1936.

Undersøgelser og Beregninger har vist, at der for en ny, tung og godt vedligeholdt Overbygning ikke er nogen Fare for Udbøjning i en lodret Plan.

Men for underordnede Spor, hvori er anvendt lettere Skinneformer kan Undersøgelserne forklare mangen lodret Kastning. Saadanne Spor er ofte ikke godt vedligeholdt. Ved at Laskerne er rustet sammen og ved Skinnevandring er det tænkeligt, at der kan optræde meget store Tryk. Fremmede for Udbøjning er desuden Inertimomentets Afbrydelse ved Stødene, Ujævnheder i Endefladerne og under visse Forhold ældre Skinners lavere Trykstyrke.

For vandret Udknækning gælder, at det synes nødvendigt at sikre Overbygninger med lille Inertimoment i de skarpeste Kurver ved at forhøje Modstanden mod Sideforskydning. Ved Overbygninger med stort Inertimoment kan man derimod lade være med at forhøje Modstanden mod Sideforskydning, da driftsfarlige Udbøjninger af Sporet ikke er mulige. Men lægger man Vægt paa stadig at bevare Sporets geometriske Form, maa man dog ogsaa her gennemføre en Forhøjelse af Modstanden mod Sideforskydning.

Det farligste Sted i Tværprofilet for Udbøjning til Siden er Yderkanten af Skinnefoden.

4. SPORKASTNINGENS TEORI

Ved Sporkastning forstaar man den driftsfarlige Ødelæggelse af Sporets Beliggenhed, der fremkaldes ved mere eller mindre pludselig Afspænding af Trykkræfter, der kan samle sig i Skinnen. Man skelner mellem en »automatisk Sporkastning« og en »Sporkastning under et kørende Tog«. Teoretisk kan man forklare den første Kastningsmaade; for det kørende Togs Virkning mangler man derimod sikre Holdepunkter. Teoretisk har man hidtil ved Studiet af Sporets Stabilitetsproblem udelukkende beskæftiget sig med den »automatiske Sporkastning«. »Sporkastningen under det kørende Tog« er dog den farligste, d. v. s. den, der lettest træder i Virksomhed. Vil man sikre Sporet mod driftsfarlige Kastninger, maa man tage den med i sine Overvejelser.

Der tænkes her kun paa det *ubrudte* Spor, fordi Betragtningerne bliver simplere end for Spor lagt med Spillerum. Sporets Inertimoment faar, naar Stødmellemrummene falder bort, ingen Afbrydelser, og de farlige Længde-trykkræfter i Skinnen kan som Regel paa lange Strækninger anses for ensformig fordelt.

Af de for det ubrudte Spor vundne Resultater drages saa Slutninger m. H. t. Stabiliteten af det med Stødmellemrum lagte Spor.

I de følgende Undersøgelser betragtes Sporkastningen som en elastisk Udbøjning. Kastning af det under Tryk staaende Spor kan dog indledes med, at Skinnematerialet paavirkes over Flydegrænsen.

Man skelner mellem en lodret og en vandret Udbøjning af Sporet. Ved Udbøjning af et under Tryk staaende Spor, virker Sporets Egenvægt imod en lodret løftende Bevægelse, og Sporets Modstand mod Tværforskydning i Ballasten sætter sig imod en Sidebevægelse. Sporets Søjlelængde er ubekendt og vil antagelig ændre sig under Udbøjningens Forløb. Disse Forhold gør en nøjagtig teoretisk Undersøgelse af, hvad der foregaar ved Kastningen, vanskelig.

Med nogen Tilnærmelse svarer det ubrudte Spor til en uendelig lang Stang, der ligger paa et Underlag med Friktion. Det antages, at Underlaget (Ballasten) er stivt.

Vil man finde Udbøjningsfaren hos en saadan Stang, maa man bestemme Stangens Bøjningslinie for den kritiske Ligevægtstilstand. Denne Opgave er, eftersom man undersøger Stabiliteten i en vandret eller lodret Plan, forbundet med større eller mindre matematiske Vanskeligheder.

Naar man saa vil benytte de teoretiske Resultater, maa der i Formlerne indsættes Talstørrelser, delvis af noget tvivlsom Værdi, saaledes f. Eks. for det vandrette Inertimoment af Sporrysten eller for Sideforskydningsmodstanden for Sporrysten i Ballasten. Stræben efter stor matematisk Nøjagtighed i den teoretiske Undersøgelse er derfor unødvendig.

Undersøgelsen foretages ved, at der for Udbøjninger af Søjlen antages en ganske bestemt Form for Bøjningslinien. Disse Udbøjninger betegnes som Forstyrrelser af Søjleens Stilling i Forhold til den geometrisk nøjagtige Udgangsstilling. Bøjningsliniens Form slutter man sig til efter Erfaring og fysisk Fornemmelse. De Energiværdier, der er nødvendige til Frembringelse af Forstyrrelsen sammenlignes med dem, der bliver fri ved Forstyrrelsen som Følge af den forhaandenværende Trykkraft. Udknækning finder Sted, saa snart der bliver frigjort tilstrækkelig Energi.

For Forstaaelsen vil det være hensigtsmæssigt at undersøge Stabilitetsforholdene for en endelig Søjle af tilstrækkelig Længde. Med de derved vundne Erfaringer vil man saa kunne undersøge en uendelig lang Søjle og dermed et ubrudt Spor.

Bøjningsline 1. Den »sandsynlige Form« for Bøjningslinien ved lodret Udbøjning af en lige eller i lodret Plan krummet Søjle og ved vandret Ud-

bøjning af en i vandret Plan krummet Søjle er en simpel Sinuslinie. Den lægges til Grund for de første Undersøgelser og kaldes *Bøjningslinie 1*. I Fig. 31 er den fremstillet for det almindelige Tilfælde af en krum Søjle: den lige Søjle er et Særtilfælde ($R = \infty$)

Bøjningslinie 2. Den »sandsynlige Form« af Bøjninglinien ved vandret Udbøjning af en lige Søjle er en dobbeltsidig Bølge, hvis ene Halvdel bøjer

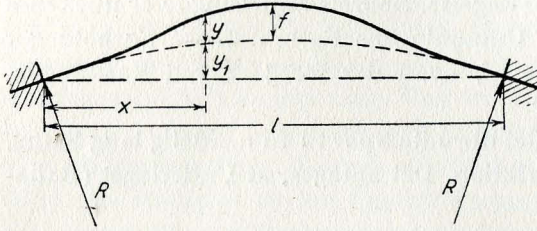


Fig. 31. Bøjningslinie 1.

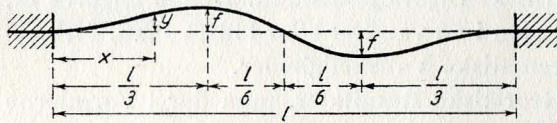


Fig. 32. Bøjningslinie 2.

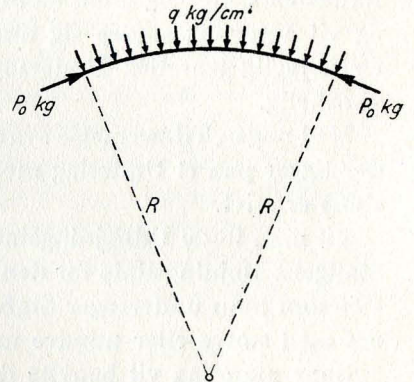


Fig. 33.

ud til venstre, og hvis anden Halvdel bøjer ud til højre. For den første Undersøgelse lægges til Grund en af flere Sinuslinier sammensat Kurve (Fig. 32) Den kaldes *Bøjningslinie 2*.

Belastes en krum Søjle med et centralt Tryk P (kg), kan den kun beholde sin Form, hvis der samtidig optræder radiale virkende Kræfter q (kg/cm), der for konstant Radius for Søjlels Form er ensformig fordelt over Søjlels Længde (Fig. 33).

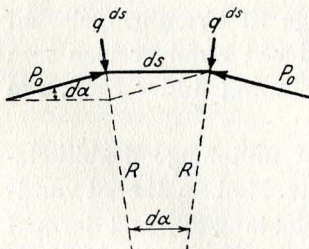


Fig. 34.

Ligger Søjlen vandret, maa q tilvebringes ved Modstanden mod Sideskydning k . Krummer Søjlen lodret, maa Søjlels Egenvægt g yde de nødvendige Modkræfter q .

Af Fig. 34 faas $\frac{P}{q ds} = \frac{R}{ds}$ $\frac{P}{R} = q$.

Er $\frac{P}{R} > k$, kan Søjlen ikke beholde sin Form. Den

afspændes efterhaanden, naar den centrale Kraft vokser. Er Søjlen tilstrækkelig lang og tilstrækkelig stiv, indtræder ingen væsentlig Bøjning, men kun en Sideskydning, ved Tryk udefter, ved Træk indefter.

Paa lignende Maade ligger Forholdene, naar $\frac{P}{R} > g$.

Stabilitetsundersøgelsens Opgave bestaar i at bestemme, om Søjlen overhovedet kan knække under givne Forhold, og naar det sker, hvor stor den Forstyrrelse maa være, fra hvilken den selvstændige Knækning begynder.

Ved Beregningernes Udførelse kan man sætte $E=2,1 \cdot 10^6$ kg/cm². Sporets Forskydningsmodstand er: Mod Løftning: Sporets Vægt; for et svært Spor paa Træsveler er f. Eks. $g = 2,6$ kg/cm. Mod Tværforskydning indføres Modstanden k som en konstant Værdi. I Virkeligheden ændres k noget med Forskydningen. Man kan for en normal Træsvelleoverbygning i Skærveballast regne $k = 8$ kg/cm Spor.

Det største Længdetryk i Sporet = P_0 og som største Værdi regnes 200 ts.

Tryk opstaar i Sporet i første Linie ved Opvarmning. De Grænsetemperaturer, som i det Fri liggende Jernbaneskiner udsættes for, sættes i Danmark til $\div 25^\circ$ C og $+ 55^\circ$ C. Størrelsen af Trykket er, ved Spor lagt med Temperaturspillerum, afhængig af Lægningsbetingelserne og af Skinnelængden; ved Spor uden Spillerum af Valget af den saakaldte neutrale Temperatur d. v. s. den Skinnetemperatur, ved hvilken der ikke er Temperaturspændinger i Skinnen.

Skinnevandring kan i Spor lagt med Spillerum give en væsentlig Forhøjelse af Trykket, ved at Spillerummene lukkes allerede ved lave Temperaturer. Ved spillerumsfrit Spor kan man næppe vente nogen Vandring. Vandring kan helt forhindres ved passende Forholdsregler som høj Forskydningsmodstand for Skinnen paa Lejekonstruktionen, særlig Svelleform i Skærveballast, Anbringelse af faste Punkter paa Fald og Bremsstrækninger. Bremskræfterne afledes da direkte til Ballasten. Godt afvandet Planum er for fuldstændig Optagelse af Bremskræfterne en Forudsætning; der maa ikke kunne dannes Glideflader.

En Formindskelse af den største Trykkraft ved at den neutrale Temperatur hæves over Middelskinnetemperaturen ($+ 15^\circ$) er ofte blevet foreslaaet, men dette kræver under alle Omstændigheder et nøje Kendskab til, hvorledes det spillerumsfrie Spor forholder sig overfor Skinnebrud i strenge Vintre, naar Sporet paavirkes af usædvanlig store Trækkrafter. Men tilfredsstillende Forsøg er endnu ikke udført.

Er man blevet opmærksom paa, at et Spor staar under Tryk, maa man være forberedt paa, at en Forstyrrelse af Sporets Beliggenhed kan bevirke, at Sporet knækker ud. Som det tidligere er omtalt, findes der et stort Antal Aarsager til disse Forstyrrelser. Smaa Bevægelser i Underbygningen, der skyldes daarlig Afvanding eller Rystelser; Uensartethed i Modstanden mod Sideforskydning; daarlig Lægning og mangelfuld Pleje af Sporet; Sidestød fra

Vognene; Anvendelse af Lokomotiver, der løber daarligt i Kurver og frembringer de saakaldte Trykninger (den regelmæssige Krumning forsvinder; Kurven faar fladere og skarpere Krumninger).

Ved Indgreb i Tide og paa rette Maade vil man kunne forhindre en farlig Udknækning af Sporet. Man gaar frem paa følgende Maade:

Man »aabner« Forstyrrelsesbølgen paa en stor Kurveradius og fører, først naar der indtræder lavere Temperatur, Sporet tilbage til den rigtige Stilling. Aabningen af Forstyrrelsesbølgen maa ske med Forsigtighed. Under visse Omstændigheder anbefales det at sprøjte Vand paa Sporet for at sænke Temperaturen og dermed formindske de farlige Trykkrafter.

Endvidere kan det være nødvendigt at lægge de Grænser fast, inden for hvilke et Spor i Drift maa forstyrres i sin Beliggenhed, uden at Mangelen rettes.

Opdagelsen kan ske paa to Maader, enten ved at en Mand gaar Sporet igennem, eller ved Kørsel med Tog, hvis Forstyrrelsen og Kørehastigheden er stor nok.

5. KURVESKINNER. AFKORTEDE SKINNER.

I Kurver er det nødvendigt at anvende Skinner, der er noget kortere end den normale Skinnelængde. Den ydre Skinnestreg bygges som Regel af Skinner af normal Længde; i den indvendige Skinnestreg lægges efter Behov een eller flere Kurveskinner, idet man sørger for, at Skinnestødene kommer til at ligge saa nær som muligt i en Linie vinkelret paa Sporets Midtlinie; man anvender som Regel kun en enkelt eller nogle faa Kurveskinner, 40—45 mm kortere end Normalskinnerne, og Tendensen gaar i Retning af at anvende Kurveskinner med lille Afkortning.

Anvendelse af Overgangskurver indvirker ikke paa det nødvendige Antal Kurveskinner, der alene bestemmes af den oprindelige Kurves Længde og Radius.

Afkortede Skinner kan finde Anvendelse som Indpasningsstykker foran Sporskifter, hvor Spor ender o. s. v.

§ 8. SKINNERS LEVETID OG MIDLER TIL DENS FORLÆNGELSE

Det er næppe den regelmæssige Afslidning, der er Skyld i de fleste Udvekslinger af enkelte Skinner eller hele Spor; det er den særlige Afslidning i Kurver, paa Bremsetrækninger o. lign., Fabrikationsfejl, eller stærkt Slid

af andre Dele af Sporet, der giver Anledning til Udvekslingen. Der kommer for alle Spor et Punkt, hvor det er bedre at bruge Materialet videre i et Sidespor end foretage en omfattende Fornyelse af enkelte Dele af Sporet. Er Skinnerne saaledes endnu ikke helt afslidt, mens Svellerne er kassable, er det sikkert rigtigst at flytte hele Sporet hen i et Sidespor.

Om Staalskinners Levetid kan man vistnok ikke sige noget almindeligt.

1. SKINNEBRUD

Faren for Skinnebrud er ret lille.

Selv om det aarlige Antal Skinner, hvori der opstaar Skinnebrud, kun udgør en ringe Del af det samlede Antal lagte Skinner, er Spørgsmaalet om Skinnernes Brudsikkerhed dog af stor Vigtighed. Den bedste Hjælp til Imødegaaelse af Brudene, er en god Skinnebrudsstatistik.

Ved en Skinnebrudsstatistik skal man naa til en indgaaende Viden om de Skinnebrud, der forekommer, og Aarsagerne til dem. Ved at man paa Basis heraf ændrer Leveringsbetingelser og Modtageprøver, bliver det muligt at forbedre Skinnematerialet saaledes, at Antallet af Skinnebrud formindskes. Ved hvert Brud bør indsendes en Meddelelse om de bygningsmæssige og driftsmæssige Forhold paa Linien, dens Stignings- og Krumningsforhold, om Overbygningens Konstruktion, Vedligeholdelsestilstand og Alder, Skinneastalets Art og Leverandørens Navn; en skitsemaæssig Fremstilling og Beskrivelse af Brudstedet bør vedlægges. Og i vigtige og særlige Tilfælde foretages en nøjagtig Undersøgelse af Skinnematerialet.

De Resultater, man er kommet til, kan angives saaledes:

- Antallet af Brud paa Træsvelleoverbygning er noget større end paa Jernsvelleoverbygning. Grunden hertil kender man ikke.
- Lave Temperaturer har ikke bevirket noget kendeligt højere Antal Brud ved de Temperaturer, der normalt findes her i Landet.
- Væsentlig Forskel mellem Skinner af Siemens-Martin Staal og Thomas-Staal findes ikke.
- Ældre Skinner brydes som Følge af gentagne Slagpaavirkninger lettere end nyere Skinner. Disse Paavirkninger er dog ikke den eneste Grund til, at ældre Skinner brydes. Ved Rust og mekanisk Slid er ældre Skinner svækkede, og ældre Overbygninger er som Regel ikke saa godt vedligeholdt som i Hovedspor liggende nyere Overbygning.
- Forøgelsen af Skinnestyrken fra 60 kg/cm² til 70 kg/cm² og de nyeste Modtageprøver har væsentlig forbedret Skinnematerialet.

- Med voksende Liniebelastning vokser Antallet af Skinnebrud.
- I Kurver indtræder i indre Skinnestreng flere Brud end paa retliniet Bane.
- Antallet af Brud indenfor Laskelængden er omtrent 60 % af det samlede Antal Skinnebrud.

Skinnebrud deles i:

Tværbrud.

Uden særlige Kendetegn. Med særlige Kendetegn. Udgaende fra Foden.

Længdebrud.

Længdebrud i Hovedet, lodret. Længdebrud i Hovedet, vandret. Længdebrud i Kroppen, lodret. Længdebrud i Kroppen, vandret. Brud ved Skinneenden, der udgaar fra Boltehullerne. Længdebrud i Foden, der begynder paa Undersiden ud for Skinnekroppens Kant.

Brud i Hovedet, der skyldes Lunger eller Sejgringer, er de farligste. Man har imødegaaet dem ved at skærpe Leveringsbetingelserne. Nogle af de Brud, der forekommer i Hovedet, kan kun imødegaaes ved omhyggelig Valsning. Aarsagerne til Brud paa tværs i Hovedet ligger ofte i Beskadigelser af Hovedet ved ydre Paavirkning (Dannelsen af Fordybninger, Afbladninger o. s. v.). Ved rettidig Paasvejsning kan man her forekomme et Brud.

Længdebrud i Foden forekommer sjældent, mens Tværbrud i Foden forekommer ofte som Følge af ydre Beskadigelser ved Stoppehakke- eller Hammerslag. Største Omhu ved Lægning og Vedligeholdelse af Overbygningen er derfor nødvendig.

Af Brud i Kroppen er de udenfor Laskekamrene optrædende især farlige. De hidhører som Regel fra Lunger eller Sejgringer. Er dette ikke Tilfældet, drejer det sig sandsynligvis om udløste indre Spændinger, der hidrører fra Valsning, Afkøling eller Retning. Kun største Omhu ved Skinnefremstillingen kan her hjælpe.

De indenfor Laskekamrene optrædende Brud i Kroppen er som Regel ikke saa farlige, da Skinnerne stadig holdes af Laskerne. Man mener, at disse Brud skyldes Skinnernes Svækkelse som Følge af Boltehullerne. Men mere end Skinnernes Svækkelse — Hullerne ligger i den neutrale Zone — er Rust ved Hulvæggene, der i kort Tid æder sig med dybe Rødder ind i Kroppen, Grunden. Disse Rødder fører lidt efter lidt til Revner og Brud. Ved Affasning

og Afrunding af Hullernes Kanter, ved at fjerne Boregrater, ved at smøre med Tjære og Olie Huller og Endeflader kan man virksomt imødegaa disse Brudaarsager.

Kun en ringe Mængde (ca. 5 %) af alle Brud er Brud uden særlige Kendetegn. Aarsagen til dem kan ikke med Sikkerhed fastslaaes.

At et Skinnebrud kunde begynde inde i Skinnen uden ydre synligt Tegn paa et fremskredent Brud, blev første Gang set i Amerika efter en Jernbaneulykke i 1911. Senere har man vist disse indre Brud voksende Opmærksomhed. Man mener, at de i første Række opstaar paa Grund af Diskontinuiteter i Materialet og Mikrobrist i Skinnehovedet.

Man har ved Undersøgelser paa University of Illinois fundet, at en Del Skinner har Mikrobrist, og at man ved Skinner med Mikrobrist kan risikere Træthedsbrud.

Det har vist sig at være meget vanskeligt at finde, hvorledes Mikrobrist opstaar. At Temperaturbehandlingen spiller en Rolle, er vel sikkert, men paa hvilken Maade er endnu ikke fastslaaet.

Det er ogsaa uklart, hvilken Rolle Materialet i sig selv spiller. Men, at øget Kulindhold giver øgede Muligheder for Mikrobrist, synes fastslaaet.

Men uden at man er kommet til noget endeligt Resultat med Hensyn til Aarsagen til disse Mikrobrist, har man dog fundet, at man ved speciel Varmebehandling af de færdigvalsedes Skinner kan reducere, maaske borteliminere Mikrobristene, og dermed Aarsagerne til Træthedsbrudene.

De i U.S.A. anvendte Metoder er:

Langsom Afkøling.

Brunorisering (Normalisering)

Ved den første Metode føres Skinnerne varme ind i et Slags Varmeskab, ofte af Bølgeblik, saa de ikke ligger og afkøles enkeltvis hurtigt paa en Rist. Skinnerne stables i Lag, hvorefter Skabet lukkes, saa Afkølingen fra ca. 1000° F kan foregaa langsomt i Løbet af 20—30 Timer. Denne langsomme Afkøling borteliminere Mikrobristdannelsen, samtidig med at den har meget lille Indvirkning paa Haardheden, blot 3—5° Brinell.

Brunorisering er mere omstændelig og kræver et kostbart Anlæg for ny Opvarmning. Naar Skinnerne kommer med deres sædvanlige Valsetemperatur paa ca. 1000° C, lader man først Temperaturen synke til ca. 540° C, hvorefter de føres ind i en Specialovn og opvarmes paa ny til ca. 800° C (Normalisering). Man faar paa denne Maade en Omkrystallisering af Materialet, med

en meget finere Struktur. I Forbindelse med denne Proces hærder man Skinneenderne for at faa større Sikkerhed mod nedkørte Stød.

Skinner i lange Tunneler tæres og slides i forholdsvis kort Tid paa Grund af Korrosion, foranlediget af Damp og Kulstøv fra Lokomotiverne. Derved dannes Svovlsyre m. v., som særligt slaar sig paa Skinneender og Smaadele ved Stødene. Dette Problem er for dampdrevne Baner alvorligt.

De tre Faktorer, der faar Betydning, er den normale Rustdannelse, Angreb af Syrer og Elektrolyse. En vigtig Grund til Rustdannelse i en Tunnel er, at Fugtigheden i den indstrømmende Luft fortættes og blandes med Lokomotivdamp og Lokomotivgas. Derved tæres Tunnelsporet, og der er Eksempler paa, at 40 % af det oprindelige Tværsnit var tæret bort efter 10 Aars Forløb. Men endnu alvorligere er de Skinnebrud ved Stødene, der følger baade af den svære Rustdannelse omkring Laskehullerne og af Umuligheden i at vedligeholde Stødene.

Den alvorligste Korrosion kan opstaa omkring Boltehullerne i Skinneenderne. Eftersom den skrider frem, opstaa Spændingsridser, og hvor der opstaa Brud, danner disse almindeligt en Vinkel paa 45° med Underfladen bagover gennem Boltehullet og naar op til Skinnehovedet. Mens den voldsomme Korrosion, som opstaa her, utvivlsomt bidrager til at svække Skinnerne, bidrager den stærke Paavirkning paa Stødene, der synker ned paa Grund af Slagvirkningen, til mange af de opstaaede Skinnebrud.

For at modarbejde den stærke Ødelæggelse af Skinneenderne kan man i Tunneler indlægge særlig svære Skinner og svejse dem sammen fortløbende i hele Tunnelens Længde. Man mener, at man derved skal kunne undgaa Skinnebrud, forebygge Nedsynkning af Skinneenderne, spare i Vedligeholdelse af Stødene, øge Skinnernes Levetid samt forbedre Sporet, saa Slidet paa Lokomotiver og Vogne formindskes.

For at formindske Svejsearbejdet i selve Tunnelen kan man udenfor denne svejse f. Eks. 15 Stk. 20 m Skinner og saa med Lokomotiv trække denne 300 m lange Skinne ind i Tunnelen paa en Slags Slidsk, dannet af gamle Sveller.

En væsentlig Grund til Rustdannelse i Tunneler er Forbrændingen af Lokomotivkul, og man har derfor ment, at Faren kunde reduceres, ved at man neutraliserede den dannede Syre. Man har da søgt f. Eks. at imprægnere Lokomotivgassen med et neutraliserende Middel som Kalk; lettest skulde dette kunne naas, ved at alle Lokomotiver, som kører gennem Tunnelen, blander lidt Kalk i Kullene et Stykke før Tunnelen. Ogsaa andre Metoder har været prøvede.

2. EGENSPÆNDINGER I JERNBANESKINNER.

Egenspændinger fremkommer i et frit ubelastet Stykke hvis Dele af Stykket ved Delenes Sammenhæng er hindrede i at indtage den Størrelse, som de vilde indtage, hvis de var løst fra Sammenhængen. Egenspændingerne i en Jernbaneskinne er i Størrelse og Retning meget indviklet fordelt i Skinnen. Man kan dog med Sikkerhed antage, at Spændingerne parallelt med Skinnens Længdeakse er størst, og der skal derfor her kun tænkes paa disse Længdespændinger.

Egenspændinger opstaar i Skinnen for det første ved Afkølingen efter Valsningen og for det andet ved Skinnens Behandling i Rettemaskinen. Valsespændinger opstaar i Skinnen ved uens Paavirkning af de forskellige Dele af Tværsnittet under Valsningen. Ved den høje Valsetemperatur er Materialet meget blødt, saa saadanne Spændinger efter kort Tids Forløb igen udlignes.

Egenspændinger ved Afkøling

Skinnen forlader det sidste Valsepar i rødglødende Tilstand med en Temperatur paa ca. 900° C. Den afkortes og skydes fra Valsevejen ud til Afkøling paa »Varmesengen«, hvor Skinnerne lægges tæt ved hinanden. I Modsætning til Forholdene for den enkelt afkølede Skinne er Tilstrømningen af frisk Luft hemmet. Den stærkt opvarmede Luft bliver længere hængende over Skinnestablen, danner saaledes et beskyttende Lag og forsinker Afkølingen. Vil man ved Slutningen af Afkølingen have Skinnen nogenlunde lige, vil man allerede ved Tværforskydningen fra Valsevej til Varmeseng bøje den saa meget, som efter Erfaringen svarer til de forhaandenværende Afkølingsforhold. Ved enkelte Valseværker gøres det, nødvendigt er det ikke, da Retning alligevel ikke kan undgaas. Ved denne Forbøjning opstaar ingen Spændinger, da Materialet paa Grund af den høje Temperatur endnu er meget blødt. (Tilstand I Fig 35).

Skinnens Fod og Krop afkøles paa Grund af deres større Overflade hurtigere end Hovedet. Dette foraarsager en hurtigere Forkortning af Skinnefoden i Forhold til Skinnehovedet, hvilket viser sig i en stærk Forbøjning af Skinnen. Skinnen gaar fra Tilstand I over til II og faar Krumning den modsatte Vej. Nu virker den noget efterhængende Afkøling af Skinnehovedet, hvilket betyder en Sammentrækning af Hovedet, og i Tilstand III er Afkølingen til Ende; de store Temperaturforskelle i Tværprofilet er udlignede.

Var Forbøjningen rigtigt valgt (I) er Skinnen blevet nogenlunde lige. Forskellen i Krumningsforhold mellem Udgangs- og Endetilstand (I og III) kan forklares ved, at der ved Bøjningen fra I til II indtræder en Strækning i Skinnehovedet, hvad Eftergivenheden af det ved høj Temperatur bløde Materiale let forklarer.

Har man ikke anvendt Forbøjning og var Skinnen i Begyndelsestilstanden lige, vil den til Slut være bøjet opefter. Naar Krumningsbevægelserne hemmes, ved at man lægger Skinnerne tæt, kan man begrænse den endelige Krumning. Egenspændingerne berøres kun lidt deraf.

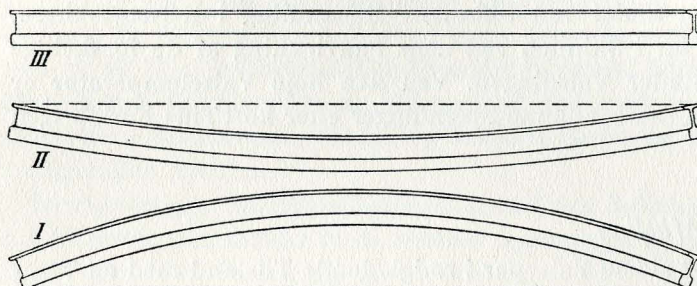


Fig. 35.

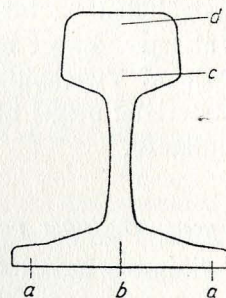


Fig. 36.

Ved Afkøling af Skinnefoden vil dens Kanter *a* særlig hurtigt faa en lavere Temperatur, og Materialet her faa en større Styrke eller højere Flydegrænse (Fig. 36).

Disse Zoner vil ved deres forud løbende Forkortning først tage den indre endnu bløde plastiske Zone *b* med uden nævneværdig Modstand. Man kan da tænke sig, at Volumen af Zone *a* ved Forkortningen bliver mindre, medens Volumen af den bløde Zone *b* ved den tvungne Forkortning bliver uforandret. at der altsaa indtræder en lille Tværnsnitsforøgelse. Ved den følgende Udligning af Temperaturfaldet, d. v. s. ved den senere Afkøling af Zone *b*, opstaar der saa, da Længdeforandring er hindret, Egenspændinger. De allerede faste Zoner *a* gør Modstand mod videre Forkortning; der opstaar Trykspændinger og i Zone *b* fremkommer af Ligevægtsgrunde Trækspændinger. Spændingerne forholder sig omvendt som Tværnsnittene. Trykspændingerne ved *a* vil derfor være større end Trækspændingerne ved *b*.

Ved Afkøling af Skinnehovedet vil Afkølingen af Randzonen *d* gaa i Forvejen og ved sin Forkortning først tage den plastiske Zone *c* med, d. v. s. uden at fremkalde Spændinger. Naar Hovedets Afkøling er færdig, vil der ligeledes her udvendig være Tryk- og indvendig Trækspændinger.

Ved Afdækning af Varmelejet kan man gøre Afkølingsprocessen langsommere og derved formindske Egenspændingerne; men som Regel lægges Skinnerne ved Siden af hinanden paa et ikke dækket Varmeleje.

Egenspændinger som Følge af Retningen.

Paa de fleste Valseværker anvendes Rettemaskiner. Rettemaskinen bestaar af flere bag hinanden liggende Ruller. De vandrette og lodrette Afstande mellem Rullerne er bestemt saaledes, at Skinnen ved Passagen underkastes umiddelbart efter hinanden følgende Bøjninger til modsat Side. Ved hver Bøjning bliver Materialet i Skinnen paavirket over Flydegrænsen. Ved de i forskellige Værker benyttede Rettemaskiner er Rulleafstandene forskellige. Men Virkningen af en Rettemaskine afhænger i høj Grad af Rulleafstandene. Skinnen forlader Rettemaskinen i meget lige Tilstand. Ved mange Rettemaskiner udføres Retteprocessen saaledes, at Skinnen løber staaende gennem Maskinen, saa altsaa Krumningsplanen falder sammen med Skinnets Symmetriakse. Ved Brug af disse Maskiner sker det mærkelige, at Skinnen ved Rettebehandlingen bliver væsentlig kortere. Der findes ogsaa Rettemaskiner, hvor Skinnen rettes liggende, saaledes at Krumningsplanen kommer til at staa vinkelret paa Skinnets Symmetriakse.

Det vil føre ind paa for specielle Betragtninger, hvis der her skal gøres et Forsøg paa at følge Tryk- og Trækspændinger, der fremkommer ved Retning af en Skinne. For Valseteknikere har Spørgsmaalet den allerstørste Interesse.

Man vil dog forstaa den Betydning, de overordentlig skarpe Bøjninger har, som Skinnen faar ved at gaa gennem Rettemaskinen; de frembringer en stærk plastisk Deformering især i de Tværsektionszoner, der er længst fjernet fra den vandrette neutrale Akse, altsaa i Skinnefoden og i den øverste Del af Skinnehovedet. Skinnens Paavirkning til Bøjning i Rettemaskinen skifter flere Gange, umiddelbart efter hinanden, Fortegn; Tryk- og Trækpaavirkning parallelt med Skinnens Længdeakse afløser hinanden.

Til Bestemmelse af Egenspændingerne anvendes dels mekaniske Maaleapparater og dels Røntgenstråler. Egenspændinger maa altid anses for skadelige, da de ofte forøger de fra Driften hidrørende Spændinger. Ved egnede Fremstillingsmaader — kemisk Sammensætning, rigtig Varmebehandling, egnede Rettemaskiner — kan man holde dem indenfor rimelige Grænser, saa de praktisk taget ikke kommer til at spille nogen Rolle for sundt Skinnestaals Brudsikkerhed og Udmattelsesstyrke.

§ 9. RIFFELDANNELSE PAA SKINNER

Der er delte Meninger om, hvorledes Riffeldannelsen paa Skinner fremkommer. Nogle mener, at Rifflerne dannes ved Slid under Kørslen, andre, at det er Fejl fra Valsningen, der kommer frem ved Kørsel paa Sporet.

Ved Riffler forstaar man ovale, blanke Mærker, der ligger temmelig tæt ved hinanden paa Skinnernes Køreflade med den længste Akse vinkelret paa Kørselsretningen. Det er sandsynligt, at disse blanke Steder fremkommer ved et Tryk af Hjulet paa Kørefladen, samtidig med at der finder en slibende eller glidende Bevægelse Sted. Fænomenet fremtræder tydeligt, naar man ser paa Kørefladen i Skinnens Retning under en passende Vinkel.

Rifflerne findes især paa Steder, hvor der ofte bremses, altsaa paa en Station eller foran denne. Sjældnere forekommer de paa fri Bane. Der er vist heller ingen Tvivl om, at Rifflerne især findes paa retliniet Bane og i slanke Kurver, lidt eller næsten slet ikke — i hvert Fald for hurtigkørende Tog — i skarpe Kurver.

Rifflerne findes altid paa begge Skinner i et Spor samtidig; de kan paa den ene Skinne være noget mindre udprægede end paa den anden, især hvor Skinnerne er af haardt Materiale.

Der var tidligere Uenighed om, hvorvidt de blanke Steder var Riffelbjerger eller Riffeldale, og om i hvilke Afstande de blanke Steder følger efter hinanden; endvidere ogsaa om, hvorvidt der til de blanke Steder svarer en større Haardhed af Overfladen og i givet Fald en Strukturforandring.

Man har fundet, at Rifflerne ligger paa Løbefladen i Afstande, der gaar igen; de kan være mellem 25 og 150 mm, oftest mellem 30 og 75 mm, men om en lovmæssig Gentagelse af samme Bølgelængde er der næppe Tale. De maalte Højdeforskelle er 0,2 til 1,8 mm. Ofte svarer der til et blankt Sted ogsaa et haardt Sted, men ikke altid; Strukturændringer er ikke iagttaget.

Mod den Teori, at Riffler skulde dannes ved Valsningen, taler, at Retterullen (ved Valsningen) kun rører Skinnen paa faa Steder, mens Rifflerne dannes regelmæssigt paa hele Skinnens Overflade. Og mærkeligt vilde det ogsaa være, at Riffler, fremkommet ved Retning af Skinnen i Valseværket, skulde findes smukt parvis paa de to Skinner, der kommer til at ligge lige over for hinanden. Og selv om man ved en bestemt Rettefremgangsmaade kan fremkalde lokale Riffler, saa er det dog vanskeligt herud fra at forklare den paa begge Skinner i Sporet løbende Riffeldannelse, saa meget mere som det synes, som om Rifflerne vandrer paa Skinnen.

At Bremsning skulde fremkalde Rifler, kan maaske forklares saaledes:

Naar Bremsen sættes i Virksomhed, formindskes Hjulenes Hastighed, samtidig med at Fjedrene gør det muligt for Vognkassen at løbe forud og nedad. Vognkassen søger at trække Hjulene med sig, saa de kan komme til at glide paa Skinnerne. I et eller andet Punkt bliver Fjedrenes Spænding saa stor, at den kan kaste Vognkassen tilbage og opad, hvorefter det samme gentager sig. Disse Svingninger i Vognkassen giver en taktmæssig tiltagende og aftagende Belastning af Hjulene, og ved tiltagende Belastning fremkaldes samtidig Hjulbandagernes Aftryk paa Skinnerne. Det kan dog meget vanskeligt fastslaaes, om der derved foregaar en ren Slibning af Fladerne paa hinanden, eller om Skinnernes Køreflade ved Glidningen bliver let bølget, og Hjulet saa sliber paa Bølgetoppen. En Gentagelse af denne Proces kan fremkalde andre blanke Steder og lade de først fremkaldte synke ned i en Bølgedal. At det ikke alene er Bremsning, der kan fremkalde Riflerne, ses af, at Uregelmæssigheder i Sporet, f. Eks. en Vejskæring kan frembringe Svingninger i Vognene, som giver Anledning til Riffeldannelse efter Skæringen, regnet i Kørselsretningen.

Nogle mener, at Aarsagen til Riffeldannelse maa søges i Ballasten, mens andre ganske afviser dette, men man er i Virkeligheden ikke naaet til bestemt at kunne angive, hvad der er Aarsag til Riffeldannelsen

Man er enig om, at de dannede Rifler bør fjernes, da de ellers kan give Anledning til fremadskridende Ødelæggelse af Sporet, ligesom de kan indvirke paa Kørslen paa Sporet.

Rifler kan fjernes ved Høvling af Skinnerne, og denne Høvling kan udføres ved Haandkraft eller ved Maskinhøvling.

Pennsylvania Rd har, ligesom andre amerikanske Baner¹⁾ med stor Trafik, iagttaget, at Bølgedannelsen paa Skinnerne har antaget et meget stort Omfang; man har set Bølger, hvis Dybde naaede op til 0,2 mm.

(?)
I Juni 1937 har man taget en særlig Slibevogn i Brug. Det Antal Gange, Slibevognen skal passere for at fjerne Bølgerne, afhænger især af disses Dybde; man regner med, at 8 à 12 Overgange vil fjerne 0,2 mm dybe Bølger.

Vognen trækkes af et Rangerlokomotiv; den gunstigste Hastighed er 3 km/T. Personalet bestaar af en Leder og en Medhjælper foruden af Togpersonalet 4 Mand.

I 1938 har Vognen arbejdet paa den 4-sporede Strækning New York-Chicago, hvor Trafiken er meget stærk.

¹⁾ Wagon spécial pour faire disparaître l'usure ondulatoire des rails. Revue Générale 1939, I, S. 474.

§ 10. RETNING, FÆRDIGGØRELSE OG MODTAGELSE AF SKINNER

Naar Skinnerne er valsede færdige, afskæres de i varm Tilstand med Rundsav. Enderne af det valsede Skinnestykke skæres altid af, da Skinneprofilet her ikke kan vales nøjagtigt. Afkølingen foregaar paa Varmelejjet, et Gulv, der har en svag Pil opad (1:100—1:65).

Da Skinnerne ved denne Behandling ikke bliver nøjagtigt lige, maa de afrettes. Tilretningsarbejdet kontrolleres omhyggeligt, da det kan faa stor Betydning for Skinnernes Styrke og Varighed. Prøvestykkerne bør tages ud af de færdigt rettede Skinner og ikke af Skinneenderne, da disse sidste ikke har været rettede.

Den rettede Skinne affræses til nøjagtig Længde, de øverste Kanter af Hovedet affases skraat 1 til 2 mm, og Grater ved Hoved og Fod affiles. Hvis der i en Skinnes Hoved og Fod findes Ridser, maa disse ikke stemmes og files glatte, men Skinnen bør kasseres.

I de Skinner, der er fundet tilfredsstillende, slaas som Regel et Modtagelsesstempel ind i en af Skinnehovedets Endeflader. I kasserede Skinner mejsles ofte det indvalsede Firmamærke bort.

I Skinnernes Ender bores cirkulære Huller for Laskeboltene, og i Kurveskinner som Regel endnu et Hul, for at man kan skelne dem fra de øvrige Skinner. De udborede Huller affiles i Kanterne, for at Graten kan blive fjernet.

Ved Levering af Skinner, der skal svejses sammen, falder al Boring bort. Jernbanerne kan da give større Tolerance med Hensyn til Skinnelængden. Som det hidtil har været, med praktisk talt kun een Skinnelængde, gaar en ikke lille Procent tilbage til Smelteovnen for at vales om.

§ 11. TRÆSVELLER

1. INDLEDNING

Efter Materialet deles Sveller i Træsveler, Jernsveller og Sveller af andet Materiale — næsten udelukkende Sten eller Beton; efter Beliggenheden i Forhold til Sporets Midtlinie deles de i Tværsveler og Længdesveler, og endelig anvendes Enkeltunderstøtninger.

Svellerne skal bære Skinnerne og overføre Togenes Tryk til Ballasten. Svellens øverste Sideflade skal give et godt Leje for Skinnen, og dens Underside være saa stor, at Trykket paa Ballasten ikke bliver for stort (indtil 4—5 kg pr. cm²). Svellerne skal ligge fast og roligt i Ballasten; ved en hensigtsmæssig Længde af Svellerne kan man sørge for, at største Nedbøjning for de sværeste Tog ved Svellernes Ende bliver ligesaa stor som ved deres

**) samt forholde Sporet i Tideretningen.*

Midte. Paa Hovedbaner anvendes derfor de længste Sveller. Da Svellerne ligger i en Ballast, der er gennemtrængelig for Vand, vil de snart være vaade og snart tørre. Skinnefod, Underlagsplader eller Stole vil lidt efter lidt trykkes ned i Svellerne, saa Berøringsfladen ødelægges.

Træsveller anvendes som Tværsveller. Længdesveller giver et uligevægtigt Spor; de har Tilbøjelighed til at vælte og flytte sig paa tværs af Sporet; der maa derfor anvendes Tværforbindelser, der er vanskelige at anbringe og desuden forøger Anlægsudgifterne. Understopningen vanskeliggør Vandafledningen fra den mellem Længdesvellerne liggende Ballast.

2. TRÆSORTER, FREMSTILLING OG FORM

Til Træsveller anvendes i Europa som Regel Fyr og Bøg, ^{og Eg} der ved Imprægnering beskyttes mod Forraadnelse.

I Nordamerika anvendes Eg, Yellowpine, Ædelkastanie m. m., i Australien Mahogny, i Indien Gummitræ og Teaktræ, i Sydafrika Kamfertræ, i Sydamerika er brugt Quebrachotræ. Anvendelse af Træsveller i tropiske Egne er vanskelig, da alt Træ hurtigt ødelægges. (~~ikke Quebracho~~)

Træ til Jernbanesveller skal indeholde saa lidt Saft som muligt, være sundt og fejlfrit. Fældningen skal foregaa om Vinteren, altsaa paa en Tid, hvor der ikke er megen Saft i Træet; Udskæringen af Svellerne bør ikke foregaa for længe, efter at Træet er fældet, og dette gælder især om Bøgetræ.

Lufttørhed indtræder først efter 10 til 12 Maaneders Forløb, men over Halvdelen af Fugtighedsindholdet plejer at være fordampet efter 1 Maanedes Forløb, og dette er da den mest passende Tid for Opskæringen.

Svellerens Over- og Underside skæres med Sav, Sidefladerne kan tildannes med Økse. Naar Oversiden er plan, behøver Lejefladen ingen særlig Bearbejdning, undtagen hvis der anvendes Sidehældning uden Brug af Underlagsplader, idet der i saa Tilfælde maa udskæres en hældende Lejeflade. Naar denne udskæres saa dybt, at den kan medvirke til at hindre en Sideforskydning af Skinnerne, kan den komme til at danne Udgangspunkt baade for Forraadnelse og for mekanisk Ødelæggelse af Svellerne. } ?

De færdig fremstillede Sveller stables omhyggeligt, til de skal anvendes, eller til de skal imprægneres. Som Regel bør Svellerne først nedlægges i Sporet, Aaret efter at de er leverede, saa Banerne altid bør have et Aars Forbrug liggende. De maa ikke lægges paa Jorden, men paa Klodser af haardt, tørt og sundt Træ, paa murede Piller, eller paa Jerndragere eller Skinner. Den enkelte Svelle skal ligge frit, udsat for Luftens Paavirkning, men Svel-

*) kan ogsaa ske med Over- og Underside (huggede Sveller)

?
lerne maa ikke faa Træk, de maa ikke faa for megen Sol og skal beskyttes mod Fugtighed.

Træsvellers Ødelæggelse forgaar enten mekanisk paa Grund af Kørslen, eller ved at Træet raadner. Haardt Træ som Bøg er mere modstandsdygtigt mod mekaniske Angreb end blødt Træ som Fyr. Bøg raadner hurtigere end bløde Træsorter, men da det er muligt at imprægnere Bøgesveller paa virksom Maade, anvendes de bl. a. i Danmark.

?
I Sammenligning med Fyrresvellen har Bøgesvellen forskellige Mangler; Formen er ofte uregelmæssig, den har Tilbøjelighed til Revnedannelse og Kastning. Til Gengæld har Bøgesvellen Fordele i Sammenligning med Fyrresvellen. Den haardere Trækvalitet giver forøget Modstand mod mekanisk Slid, og Holdfastheden overfor Svelleskruer er betydelig større end ved Fyr; til Udtrækning af en i Bøg nedskruet Svelleskrue kræves ca. 9 t, medens der for Fyrs Vedkommende kun kræves den halve Kraft. Bøgesvellens store Vægt giver Sporet forøget Stabilitet, idet Vægten af en imprægneret Bøgesveller Type I er ca. 98 kg mod Fyrresvellens ca. 65 kg. Bøgesvellens Fordele i Sammenligning med Fyrresvellens er saa store, at Fordelene opvejer Manglerne.

Bøg længer Levetid.
En Bøgesveller er dyrere end en Fyrresveller. Anskaffelsesprisen for den raa Bøgesveller er højere end for Fyrresvellen. Imprægneringsudgiften er den dobbelte, idet Bøg ved Imprægneringen kræver to Operationer med en samlet Olieoptagelse af 142 kg pr. m³. (For Fyr er Olieoptagelsen 63 kg pr. m³). Udgifterne til Høvling, Boring og Iskruning af Svelleskruer er større paa Grund af det haardere Træ, og al Transport, Stabling, Læsning, Lægning i Spor m. v. er dyrere som Følge af den store Vægt. Bøgesveller, leverede det ene Foraar, vil ikke kunne anvendes før det følgende Foraar, idet Tørringen forinden Imprægneringen, varer det meste af et Aar, hvis Revnedannelse skal undgaas.

As 1
I Sverige er imprægnerede Fyrresvellers Middellevetid opgivet til 25 Aar, i Danmark til 25—26 Aar, i Finland til 27—28 Aar; i Norge var Udvekslingsprocenten bragt ned til 3 %, hvilket giver en Levetid paa 33 Aar.

Ved De danske Statsbaner er Svellers Levetid i jævn Stigning paa Grund af forbedrede Overbygningsformer.

I Lande med let Adgang til Træ til Sveller har man i stor Udstrækning brugt uimprægnerede Sveller, hvis Levetid i Aarenes Løb er forøget op indtil 14 Aar, især ved bedre Udvælgelse af Materialet, og ved tekniske Forbedringer af Jernbanens Overbygning som Indlægning af Underlagsplader, bedre Ballast m. m. Den gamle Mening, at Materialet var bedre, jo tættere Træets

Aarring er, har man maattet ændre. Det er lige saa rigtigt at paase, at man faar efteraarsfældet og ikke foraarsfældet Træ. Desuden har Klimaet stor Indflydelse paa Levetiden, saa denne er længere i nordlige, kolde Lande end i sydlige og mere fugtige.

Imprægnering betaler sig direkte, naar de uimprægnerede Sveller har en kortere Levetid end 12—13 Aar. Imprægnering medfører baade økonomiske og tekniske Fordele, idet der spares Træ, og Vedligeholdelsesarbejdet bliver mindre.

For at forebygge Revnedannelse i Bøgesveller, indslaas efter Svellens Skæring en saakaldt »Rüpingklemme« i hver af Svellens Ender. Svellerne synes umiddelbart efter Skæringen; herefter lagres de ca. 3 Maaneder hos Leverandøren, hvorefter den endelige Aftagning finder Sted. Viser der sig saa, at nogle Sveller trods Rüpingklemmer har slaaet Revner, bliver disse med et Klemapparat spændt sammen, og Svellen forsynes med en 13 mm Tværbolt ca. 10 cm. fra Svelleenden.

Et Problem ved Anvendelse af Bøgesveller er den i Bøgetræ hyppigt forekommende røde eller falske Kærne. Bøg er et Splintræ, der normalt ikke danner Kærne. Rød Kærne kan derfor kaldes et Sygdomsfænomen; den opstaar, naar Træet bliver saaret f. Eks. ved Afbrækning af en større Gren eller lignende. Træet søger da at beskytte sig mod, at et Svampeangreb i det aabne Saar trænger ind og breder sig over Træets Indre. Dette sker dels ved, at Karrene i de omliggende Dele af Veddet lukkes ved Dannelse af Tyller, og dels ved at Cellerne fyldes med Trægummi. Træet spærrer derved for Svampemyceliets videre Indtrængning. Man har derved en lignende Dannelse som den, der normalt foregaar ved Kærnedannelsen i Træarter med naturlig Kærne. Har Saaret været saa dybt, at det er lykkedes Svampen at trænge ind til Træets Marv, vil »Kærnedannelsen« — den røde Kærne — kunne strække sig gennem hele Stammens Længde. Et Tværsnit af det friske Træ viser den røde Kærne som et skarpt afgrænset, rødligt Parti. Da denne Dannelse teknisk set ikke indeholder noget for Træet ødelæggende, kaldes den for sund rød Kærne. Er Kærnen gulbrun eller mørkebrun, har Træet ikke overvundet Svampeangrebet; Kærnen er da inficeret af Svampe, der vil fortsætte deres Ødelæggelsesværk, og man har den usunde røde Kærne.

Blev Bøgesveller anvendt i uimprægneret Tilstand, vilde det vise sig, at den »sunde« røde Kærne vilde modstaa Forraadningsangreb længere end den øvrige Del af Træet. En raa Bøgesvelles Levetid kan kun sættes til 2 á 3 Aar, da det porøse Splintræ meget let bukkes under for Svampeangreb. En Betingelse for Bøgesvellers Anvendelse er derfor, at Træet beskyttes ved Imprægnering med Tjæreolie. Den Rüplingske Sparemetodes Anvendelse paa

forældet

Brændegering

effektiv

Bøg er noget mere kompliceret end for Fyr, idet Bøg paa Grund af manglende Kærne skal gennemtrænges helt og derfor kræver en dobbelt Behandling. Imprægnering af Bøgesveller varer ca. 7 Timer. Der tilvejebringes et Tryk paa Olien af ca. 8 Atm., der holdes i en Time; derefter pumpes Olien ud, og der fremstilles et Vacuum paa ca. 45 cm, hvorefter Olien atter pumpes ind og holdes under 7 Atm. Tryk i ca. 3 Timer. Oliens Temperatur i Imprægneringsbeholderen er ca. 100° C.

Da den røde Kærne bestaar af Ved, hvor alle Kanaler er lukkede, lader den sig ikke imprægneres. Da vore Bøgeskove ofte bestaar af ældre Bevoksninger, er det ikke muligt at skaffe kærnefrit Træ til Bøgesveller, og man har da paa dette Punkt maattet tillade en vis Del rød Kærne. (Efter Statsbanernes Betingelser for Levering af Bøgesveller af 1931 tillades indtil 10 pCt. af Svelleværsnittet som rød Kærne.) De franske Jernbaner, som i udstrakt Grad anvender Bøgesveller, tillader efter deres Leveringsbetingelser ikke rød Kærne, men denne Bestemmelse haandhæves ikke helt i Praksis.

De senere Aars Erfaringer viser ogsaa, at sund, rød Kærne i en iøvrigt vel imprægneret Svelle ikke er saa farlig som oprindeligt antaget. Den røde Kærne, der i sig selv er mere modstandsdygtig end det raa Træ, ligger omgivet af imprægneret Træ, og ved Imprægneringen vil Tjæreolien paa Grund af det langvarige høje Tryk, trænge nogle mm ind i den røde Kærnes Overflade, saa den røde Kærne er vel beskyttet mod Angreb.

Paa Grund af Bøgetræets Haardhed anvendes Bøgesveller ofte uden Underlagsplader, som det tidligt i stor Udstrækning blev gjort i Frankrig med gunstigt Resultat, selv for Spor med haard og hurtig Trafik.

I en Del Aar har De danske Statsbaner benyttet Bøgesveller af indenlandsk Træ. Til Sporskiftetømmer anvendes dog Fyr, da Bøg ikke egner sig til Brug i større Længder end Svellens 260 cm. For Anvendelse af Bøg i større Længder gør dens Tilbøjelighed til Kastning sig mere gældende, og Imprægneringen bliver vanskeligere.

Tværsnitsformen vælges saaledes, at Træstammen udnyttes saa godt som muligt, at den enkelte Svelle kommer til at indeholde saa meget Kærnetræ som muligt (dette er især Tilfældet, hvis Svellerne ikke skal imprægneres), at Bæreevnen bliver stor, og at Svellen faar et sikkert Leje.

Trapezformet og rektangulært Tværsnit anvendes mest, (Fig. 37—38). Ved at lægge Kærnesiden opad opnaar man, at Befæstelsesmidlerne kommer til at sidde i fastere Træ, saa deres Holdkraft bliver større, end hvis de sættes i Splinten. Lægger man Kærnesiden nedad, faar Svellerne et fastere Leje,

da denne Side er fuldkantet. I Danmark lægges nye Sveller med Kærnesiden nedad.

Ved Levering tillades som Regel mindre Afvigelser fra de fastsatte Tværprofiler (Vankant ved rektangulære Sveller) (Fig. 39) og fra fastsatte Maal.

Vægten af en Træsvelle afhænger af Træsart, Dimensioner og Fugtighedsindhold og ligger mellem 40 og 90 kg.



Fig. 37.



Fig. 38.
Rektangulær Svelle.

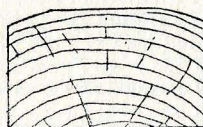


Fig. 39. Rektangulær
Svelle med Vankant.

Træsvelles fremstilles enten af tykke eller af tynde Stammer. I sidste Tilfælde giver en Stamme kun een rektangulær Svelle eller to trapezformede; i første Tilfælde kan der af et Stammets tværsnit udskares flere rektangulære eller trapezformede Sveller. I Almindelighed anser man de af tykkere Stammer, altsaa af ældre Træ udskaarne Sveller for de bedste, hvis de da ikke indeholder for meget Splint.

Undertiden er Stødsvelles og Mellemsvelles ikke ens, idet man giver Stødsvelles større Bredde og maaske ogsaa større Længde end Mellemsvelles. Ofte nøjes man med til Stødsvelles at udsøge de bredeste og mest fuldkantede. Er Afstanden mellem Stødsvelles lille, f. Eks. mindre end 240 mm (mellem Kanterne), bør Stødsvelles dog af Hensyn til Understopningen have rigelig Vankant.

Sammenkoblede Stødsvelles har vist sig at være en Konstruktion, der betyder en Forbedring af Sporet, idet Sporets Vedligeholdelse, der især bestaar i stadig Understopning af Stødsvelles, kræver betydelig mindre Arbejde; Stødsvelles synker ikke under Driften mere end Mellemsvelles. Det har vist sig muligt navnlig med pneumatiske Svellestoppere, at foretage en effektiv Understopning af de sammenkoblede Sveller.

Koblede Stødsvelles kan ligge tæt sammen, eller de kan ligge 50 mm fra hinanden for at muliggøre en elastisk Eftergiven af Skinneenderne. Paa de tre Steder, hvor Koblingsboltene gaar gennem Svellerne, er der anbragt 50 mm tykke Mellemsstykker.

I Danmark benyttede Statsbanerne tidligere udelukkende blokskaarne Sveller $126 \times 250 \times 2600$ mm, (Type II).

Ved koblede Stød blev til Stødsveller anvendt Sveller $160 \times 260 \times 2700$ mm (Type I). Medens Type II Sveller som Regel skæres som to Sveller af hver Kævle, bliver Type I Sveller, der ikke forlanges blokskaarne, tildannede som en enkelt Sveller af hver Kævle.

Danske Privatbaner bruger 200 mm brede og 150 mm høje Sveller.

Svellelængden bør paa normalsporede Hovedbaner ikke være mindre end 2,40 m, og som Regel anvendes Længder paa 2,50—2,70 m. Paa normalsporede Sidebaner kan man gaa ned til en Længde paa 2,30 m.

I Danmark anvendes paa Statsbanerne en Længde paa 2,60—2,70 m, paa normalsporede Privatbaner en Længde paa 2,40 m.

Type I Sveller kan fremstilles af Træ med mindre Diameter, d. v. s. Kævler nærmere Toppen, altsaa noget ringere Træ — mindre Kærne — kan anvendes. Denne, dog ofte kun teoretiske Mangel, opvejes imidlertid af Type I Svellernes store Fordele. Den betydelig større Tykkelse, 160 mm mod Type II's 126 — en Forøgelse af Inertimomentet fra 4017 cm^4 til 8775 cm^4 — giver Svellen bedre Evne til Fordeling af Trykket over Ballasten. Den større Vægt i Forbindelse med den dybere Neddykning i Ballasten forøger Sporets Modstand mod Bevægelser, og endelig taaler den tykkere Sveller en dybere Nedslidning af Underlagspladen, inden den behøver at kasseres.

Nu lægges 45 og 60 kg Spor og alle vigtigere Baner med 37 kg Spor udelukkende med Sveller af Type I. Disse anskaffes i 2600 mm Længde.

Paa smalsporede Baner kan man sætte Længden til 1,7—1,8 Gange Sporvidden.

3. SVELLEAFSTAND

Ved at forandre Antallet af Sveller pr. Skinnelængde, og dermed Afstanden mellem Svellerne, har man et udmærket Middel til at fremstille et mere eller mindre modstandsdygtigt Spor med samme Skinnelængde og ellers uforandret Overbygning. Dette er blevet meget anvendt til at forstærke en Overbygning, idet baade Stødsvelleafstand og Mellemsvelleafstand er blevet gjort mindre. Svelleafstanden kan i intet Tilfælde gøres saa lille, at Understopning ikke kan udføres.

Stødsvelleafstanden vælges som Regel mindre end Afstanden mellem de øvrige Sveller, og Afstanden mellem disse kan enten være den samme igennem hele Skinnelængden eller voksende ind mod Skinnemidten.

Hvor langt man kan gaa ned med Svelleafstanden uden væsentligt at vanskeliggøre Understopningen afhænger til Dels af Svellernes Form og Højde. Sveller med stor Vankant paa Oversiden og ringe Højde kan med mindre Svelleafstande lettere understoppes end fuldkantede, rektangulære og tykke Sveller.

De danske Statsbaner lægger 37 kg Skinner med 15, 16 eller 20 Sveller paa 12,0 m Skinnelængde, Svelleantallet, der oprindeligt for VA Spor var 19 Sveller pr. 15 m Skinnelængde, forøgedes ved VB til 22 Sveller, hvoraf 2 sammenkoblede Stødsveller. I 1923 forøgedes Svelleantallet yderligere til 24 Sveller pr. 15 m Skinnelængde.

Spor VC lægges som VB, med 24 Sveller (inkl. 2 sammenkoblede Stødsveller) pr. 15 m Skinnelængde og en normal Svelleafstand af 660 mm.

Der anvendes nu i Overbygning IV enten 21 eller 25 Sveller pr. 15 m. Skinnelængde, den sidste med kun 630 mm Svelleafstand fra Svellemidte til Svellemidte.

45 kg Overbygninger af 1930 lægges med en Skinnelængde 30 m og 48 Sveller paa en Skinnelængde. Svellernes Maal er $160 \times 260 \times 2600$ mm.

60 kg Overbygning (VI) lægges med 50 Sveller pr. 30 m Skinnelængde, inclusive Stødsvellerne Svellerne er Statsbanernes Bøgesveller Type I (160×260×2600 mm)

Paa enkeltsporede Baner er Svelleinddelingen den samme ved begge Skinneender. Da Hjulenes Virkning paa dobbeltsporede Strækninger er stærkere paa den Ende af Skinne, der ligger mod Kørselsretningen, end paa den modsatte Skinneende, er i nogle Tilfælde under den mod Kørselsretningen vendende Ende af en Skinne f. Eks. de fire yderste Sveller lagt med formindsket Svelleafstand, medens der under den fra Kørselsretningen vendende Skinneende kun anvendes formindsket Svelleafstand ved de to yderste Sveller.

Da den udvendige Skinne i Kurver paavirkes stærkere end Skinnerne paa lige Bane, indlægges paa nogle Baner i Kurver, som befares af hurtigkørende Tog, og hvis Radius er f. Eks. 600 m og derunder, 1 à 2 Sveller mere pr. Skinnelængde end paa retliniet Bane.

4. MIDLER TIL FORØGELSE AF SVELLERNES LEVETID

a. Imprægnering.

Paa de danske Statsbaner imprægneres alle Sveller. Svelleimprægnering blev indført 1889.

Det er Safterne i Træet, der virker skadeligt, navnlig Vand, Æggehvide og enkelte andre, mens Garvesyre og nogle æteriske Olier virker bevarende.

Det er især Æggehvideindholdet, der bevirker Forraadnelsen, og denne fremskyndes, naar der kommer Vand og Luft til, navnlig ved vekslende Fugtighedsforhold. Svellernes Levetid forlænges, naar de skadelige Stoffer fjernes eller gøres uskadelige. For Træ til Sveller følges som Regel den Fremgangsmaade, at Safterne delvis fjernes, hvorefter der i Træet indføres en Imprægneringsvædske, der uskadeliggør, hvad der iøvrigt maatte blive tilbage, og derved sinker Træets Forraadelse.

Ved Imprægnering forøges Svellernes Vægt; denne Vægtforøgelse er forskellig for forskellige Træsarter og Imprægneringsmetoder. Træets Fældningstid og Lufttørningsgrad har Indflydelse, den sidste især, naar Træet ikke dampes eller udtørres kunstigt før Imprægneringen. Imprægneringen er mest regelmæssig for de Træsarter, hvor Forskellen i Tæthed mellem Kerne og Splint er mindst, altsaa Bøg og Fyr, mens Træ med meget tæt Kerne (Eg) eller meget løs Splint (Gran) især optager Imprægneringsvædsken i de ydre Dele.

Frisk fældet Træ imprægneres mere ensartet end Træ, der i Forvejen er blevet tørret og dampet, og dette igen mere ensartet end lufttørret Træ. Flaa-

saft delfin

2
1

2
1
det Træ imprægneres bedre end ikke flaadet. Skal hele Svellen, ogsaa de indvendige Dele, imprægneres saa ensformig som muligt, som f. Eks. Bøgetræs Sveller, bør der anvendes frisk fældet Træ. Ønsker man især at imprægnerere de yderste Lag, som f. Eks. af Naaetræs Sveller, der i de indre Lag beskyttes af deres Harpiksindehold, eller af Egetræs Sveller, der i sig selv har en haard, tæt og modstandsdygtig Kerne, bør Træet i Forvejen lagres. Svellernes Vægtforøgelse ved Imprægnering er ikke den samme som Vægten af den optagne Imprægneringsvædske.

Bøgetræ er vanskeligt at behandle; ved Dampning og Tørring er det mere tilbøjeligt til at revne og kaste sig end andre Træsarter, hvorfor man i højere Grad overfor det er nødt til særlige Foranstaltninger som Anvendelse af Klamre o. lign.

Sveller imprægneres under Højtryk mod alle Sider af Træet med Zinkchlorid, med Tjæreolie eller med Zinkchlorid under Tilsætning af Tjæreolie. De danske Statsbaner anvendte tidligere en Blanding af Zinkchlorid og Tjæreolie, men bruger nu Tjæreolie alene. De tunge Tjæreolier er det bedste men ogsaa det dyreste Imprægneringsmiddel. Langt mindre virksomme end Tjæreolie er de billigere Mineralsalte Zinkchlorid og Kobbervitriol; god, men dyr Kvægsølvchlorid (0,5 — 1,0 % Opløsninger) som ikke trænger dybt ind, men bindes fast.

Til Imprægnering af Træsveler anvendes Tjæreolier med Vægtfylde 1,04 — 1,15 med mindst 3 % Fenoler; 70 % skal koge ved en Temperatur over 235°. Svellerne køres paa Vogne ind i en Kedel, f. Eks. 2 m høj og 10 m lang, opvarmes ved Dampslanger til 110°, Luften pumpes ud, for at Luft og Vand kan drives ud af Porerne, og derefter pumpes Tjæreolie ind ved 7 at. I Stedet for denne fuldstændige Imprægnering har man indført den mere sparsommelige Imprægnering efter Rüpings-Rütgers, der beskytter næsten lige saa længe mod Raad og Insekter. Svellerne anbringes først i Kedlerne under et Tryk paa 2—4 at, saa Luften bliver i Porerne og fortættes i dem, hvorefter der fyldes Tjæreolie i, der med 8 at Tryk drives ind i Porerne. Naar Trykket hæves, driver Poreluften overskydende Olie ud. Medens 1 m³ Bøge-, Fyrre- og Egetræ ved fuldstændig Imprægnering optager 400, 300 og 100 kg Tungolie, kan man ved Rüpings Metode nøjes med 145, 66 og 45 kg.

Trods de anerkendt gode Resultater af Tjæreolieimprægnering af Sveller har man dog undertiden paa Grund af større Prisbillighed ogsaa anvendt Metoder, der arbejder med vandopløselige Salte som Middel mod Raad.

Imprægneringstekniken foretrækker de olieholdige Imprægneringsmidler, fordi det har vist sig, at Udvaskeligheden af Salte, selv om de ved kemiske

Processer holdes fast til Træfibrene, er langt større end for olieholdige Stoffer. Erfaringen har vist, at Virkningen af vandopløselige Salte efter flere Aars Forløb hurtigt tager af, saa det Mindsteindhold af Giftstoffer, der skal være i Træet ikke mere er til Stede, saa Træet bliver tiltrækkende for Raad.

For Svelleimprægnering er det en Mangel, at Metalsalte angriber Skinnerne. Naar Sporene anvendes i det elektriske Signalsystem, kan Mineralsalte eller Tilsætning af disse til Olier gøre Svellerne ledende.

I tidligere Tid er især i Frankrig anvendt Kobbersulfat til Imprægnering; det har kemisk Virkning paa kalkholdig Ballast, hvorved Overfladen af Banelegemet forandres. Desuden dekomponeres Spiger og Svelleskruer af Kobbersulfat, hvorved der dannes Jernsulfat, der er skadeligt for Træets Holdbarhed; hvor man imprægnerer med Kobbersulfat, maa man derfor anvende galvaniserede Spiger eller Skruer.

I de svenske Gruber ved Boliden forekommer arsenikholdige Malme i stor Mængde. Heraf kan fremstilles et meget virksomt Imprægneringsmiddel, hvis virksomme Del er $As_2 O_5$ ¹⁾.

Naar Træet er imprægneret hermed og tørt, lugter det; Farven bliver svagt grønlig. Man kan uden Fare tage paa Træet med Hænderne, man kan male det; dets Modstandsevne mod mekanisk Paavirkning er ikke formindsket; det er beskyttet lige saa længe som ved Imprægnering med Kreosotolie. Endelig er det beskyttet mod Termiter.

Det er en ældgammel Erfaring, at Træ, der stadig er tørt, og Træ, der stadig er i Vand, ogsaa uden Imprægnering er næsten ubegrænset holdbart. Men Træ ødelægges meget hurtigt, naar det afvekslende er vaadt og tørt og især ogsaa, naar det er udsat for Frost. Olieholdige Stoffer, selv naar de ingen Giftvirkning har, lader ikke Vand komme ind i Træet og beskytter det paa den Maade mod Fugtighed.

Da Træets Ødelæggelse især beror paa Raadsporernes Leveduelighed, og de kun kan leve, hvor der er Fugtighed, kan Træet bevares paa to Maader:

- ved at beskyttes mod Indtrængning af Fugtighed og
- ved Stoffer, der virker giftigt paa Raadsporerne, naar der trænger Fugtighed ind.

Naar i Praksis olieholdige Imprægneringsmidler hidtil har vist sig at være de bedste, maa dette ikke saa meget tilskrives deres Giftighed som deres Evne til at holde Fugtighed ude.

¹⁾ Le Génie Civil 1946, Bind 123, Nr. 19, S. 267.

Afhænger af Indholdet af Splinter, Splinteren er altid blive helt gennem, træet.

Men naar man alligevel, ogsaa hvor der blev anvendt Tjæreolie, har haft uheldige Resultater, d. v. s., at Træet hurtigt blev ødelagt, maa dette forklares ved, at dens Indtrængningsdybde ogsaa under Tryk er forholdsvis ringe, og at derfor Træet ødelægges inde fra, især efter at der ved stærk Solbestraaling har dannet sig Revner og Ridser, saa Vand og Raadsporer kan trænge ind. Desuden fordamper de paa Raadsporerne meget stærkt virkende Fenoler, og det er det, der giver Tjæreolie dens stærke Lugt, eller de udvaskes af Regn i Løbet af faa Aar, hvis man ikke ved til Bunds gaaende Imprægnering faar en tilstrækkelig Mængde Tjæreolie ind i Træet.

I Modsætning til Tjæreoliernes Giftighed men store Udvaskelighed er de parafinrige og ved høj Temperatur kogende Mineralolier næsten fuldstændig uopløselige i Vand og beskytter derfor det imprægnerede Træ næsten fuldstændigt mod Indtrængning af Fugtighed.

Af det aarlige amerikanske Forbrug af 40 Millioner Sveller imprægneres omtrent 9 Millioner med en Blanding af Tjæreolie og Mineralolie. En saadan Blanding forener Mineraloliernes fuldstændige Uopløselighed i Vand og Tjæreoliernes store raaddrøbende Evne.

En fuldstændig Imprægnering med en Blanding af Tjæreolie og Mineralolie maa især anbefales ved Bøgesveller, fordi Træets Elasticitet og øvrige mekaniske Egenskaber derved paavirkes i gunstig Retning. Da Bøgesveller desuden meget ofte har »falsk Kærne«, der ikke lader sig imprægneres, vilde for den øvrige Del den kostbare Imprægnering med ren Tjæreolie være uøkonomisk, hvorfor ogsaa af denne Grund en Tilsætning af egnet billig Mineralolie er fordelagtig. En yderligere Fordel ved Blanding af saadanne Olier med Tjæreolier er, at disse Olier som Følge af deres Parafin- og Asfaltindhold forhindrer Fordampning og Udvaskning af Tjæreolien.

Som Regel bores der for i Træsveler for Spiger eller Skruer. For Skruer er det nødvendigt, og for Spiger gøres det ofte, selv om disse har Æg, da Træfibrene derved lider mindre, og Træet vistnok faar større Holdkraft, end hvis Spigerne er drevet ind uden Forboring. De borede Huller skal gaa helt igennem Svellen. Al Boring og Forarbejdning skal udføres, før Svellerne imprægneres; gøres det ikke, stryger man ofte senere fremkomne Snitflader med Tjæreolie.

b. Modarbejdelse af Svellernes mekaniske Ødelæggelse.

Det er ikke blot Forraadnelsen, der betinger Svellers Levetid, det er ogsaa den mekaniske Paavirkning, der har Indflydelse særlig paa de blødere og løsere Træsorter.

Svellernes mekaniske Ødelæggelse modvirkes ved Indlægning af Underlagsplader eller Stole mellem Skinner og Sveller for at gøre Skinnernes Hvi-leflade stor, hvilket navnlig har Betydning ved Sveller af blødt Træ. Det har ligeledes Betydning, at Befæstelsesmidlerne anbringes saaledes, at flere kommer til at virke sammen imod de angribende Kræfter, og dette opnaas i forøget Grad ved Anvendelse af Underlagsplader; Formen af Befæstelsesmidlerne har Betydning derved, at jo større deres Holdkraft er, desto fastere sidder de, og en Løsning af Befæstelsesmidlerne virker paa den Maade, at der trænger Fugtighed ned langs dem, hvorved Svellernes Forraadnelse fremmes. Det er næsten altid fra Stederne omkring Befæstelsesmidlerne, Forraadnelsen udgaar.

Da Svelleskruer har større Holdkraft end Skinnespiger, anvendes de mere og mere. De indvendige Befæstelsesmidler angribes mere af de virkende Kræfter end de ydre, og derfor anvendes som Regel to Svelleskruer paa indvendig og en paa udvendig Side ved hver Svelle.

For De Danske Statsbaners 60 kg Spor paa Bøgesveller har man ved Forsøg med Udtrækning af de anvendte Svelleskruer fundet en Middelmotstand mod Udtrækning paa ca. 9 ts. Den kraftige Tilspænding, man derved kan faa mellem Skinne og Svelle ved fire Svelleskruer, gør Forbindelsen mellem Skinner og Sveller saa effektiv, at en Bevægelse af Skinnerne paa Svellerne ikke foregaar.

Er en Træsvelle vel imprægneret og Hullerne til Svelleskruerne boret før Imprægneringen, er Svellen praktisk talt uangribelig for Raad. Træsvellens Levetid vil derfor være bestemt af det rent mekaniske Slid. Ved nyere, moderne Overbygningskonstruktioner lykkes det stadig at formindske dette Slid og derved forøge Svellernes Varighed.

§ 12. ANDRE UNDERSTØTNINGER

1. JERNSVELLER

Jernsveller udføres af Flussjern, der har stor Sejghed. Flussjern taaler, at Svelleenderne i varm Tilstand, uden at skæres op, bøjes om og trækkes ned, hvorved Sporets Modstandsevne forøges. (Fig. 40).

Trugformen er den heldigste Form for Tværsveller af Jern. Langs Fodrandene har Svellerne Vulster, som letter Valsningen, beskytter mod Slag af Stoppehakken og bidrager til at flytte Tyngdepunktet nærmere til Foden, hvorved Modstandsmomentet bliver større.

Truget formes saaledes, at det kan omslutte et stort Ballastlegeme fast og

udelt, at det kan udfyldes fuldstændigt og understoppes ensartet. De øverste Hjørner afrundes, da de ikke kan fyldes.

Truget skal let kunne vales, og dimensioneres saaledes, at det kan optage Trykket fra Skinnen og overføre det til Ballasten.

Skinnehældningen tilvejebringes ved kileformede Underlagsplader.

I Svellerne anbringes Huller for Befæstelsesmidlerne. Af Hensyn til Sporudvidelsen indretter man Befæstelsesmidlerne saaledes, at Sporudvidelsen kan tilvejebringes ved dem, medens Hullerne i Svellerne gøres ens.

For at undgaa Svellebrud gør man tværs paa Svellens Længde ikke Hullerne større end $\frac{1}{4}$ af Bredden af Svellens Overside. I Svellens Længderet-

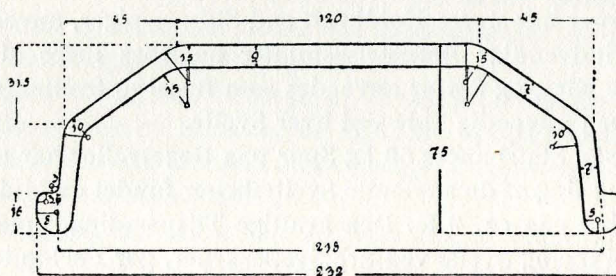


Fig. 40. Jernsvelle.

ning kan Hullet gøres større, hvilket faar Betydning for Tilvejebringelse af Sporudvidelsen.

Hullernes Størrelse gøres 1 til 2 mm større end de tilsvarende Befæstelsesdele; i Flussjerns Sveller kan man sætte Hullerne lige over for hinanden uden at risikere en Spaltning af Svellen. Hjørnerne i Hullerne skal afrundes, Grater files af.

Jernsvellers Længde er paa Hovedbaner 2,70 m.

Jernsveller kræver grov og dermed dyr Ballast, fordi god Afvanding er nødvendig. I Spor lagt med Jernsveller kan kun anvendes Skærveballast. Sporet bevæges af Frost; Understopningen er vanskelig at udføre, og Kørslen bliver haard.

Der er Enighed om, at Spor lagt med Jernsveller ligger mere uroligt i Ballasten, end hvor det er lagt med Træsveller, hvilket skyldes Jernsvellers ringe Højde, glatte Flader og mangelfulde Understopning.

Sporet er vanskeligt at holde i Orden, Justering maa ofte foretages, saa Vedligeholdelsesomkostningerne bliver store.

Jernsvellen mangler den tykke Træsvelles Evne til ved sin Elasticitet at

kunne optage en Del af de paa Sporet virkende dynamiske Kræfter, saa Paavirkningen paa den under Svellerne liggende Ballast ved Jernsveller bliver haardere.

Dernæst er der det økonomisk set vigtige Spørgsmaal om Svellens Levetid. Man har endnu ikke Erfaringer for, at der kan fremstilles en Jernsvelle med længere gennemsnitlig Levetid end f. Eks. en tjæreolieimprægneret Fyrresvelle. Det viser sig, at Jernsveller angribes stærkt af Rust, navnlig under Skinnens Liggeflade, hvor Tæringen i Forbindelse med den Revnedannelse, som udgaar fra Boltehullerne, og som formentlig hidrører fra Haarridser, opstaaet ved Hullernes Lokning, hurtigt fører til Svellens Ødelæggelse.

Træsvelen har den Fordel, at den, efter at have udtjent i Hovedspor, ved Propning af Skruehuller o. l. kan gøres tjenlig til Anvendelse i Sidespor, medens en udvekslet Jernsvelle, hvor der i Reglen findes Revner ved Boltehullerne, hvor Enderne er bøjet opad og Boltehullerne er slidt og rustet for store, ikke egner sig til Genanvendelse, selv ikke i Sidespor, men kun har Skrapværdien.

Der er gjort meget for at forbedre Jernsvellerne; man har især haft Opmærksomheden henvendt paa Boltehullerne, der er Svellens svageste Punkt; Maalet har været at finde en Konstruktion af Svellen og Skinnens Befæstelse til denne, hvorved Huller i Svellen helt har kunnet undgaaes.

Man har konstrueret Jernsveller med paasvejsede Underlagsplader, der er formet saaledes, at Skinnen kan fastgøres til dem, uden at det er nødvendigt at have Huller i Svellen.

Underlagspladerne sidder da urokkeligt fast og danner et hele med Svellen. Skinnehældningen tilvejebringes, ved at den paasvejsede Plades Overside gøres hældende.

Man har søgt at forbedre Jernsvellen ved at forøge dens Godstykkelse for derved at gøre den mere modstandsdygtig mod Rustangreb og Revnedannelse. Derved faas en Vægtforøgelse og dermed en bedre Evne til at ligge fast i Ballasten. For Overbygninger med 41 og 45 kg Skinner vejede Jernsvellen 62,39 kg, medens den nye Svelle vejer 77,81 kg (uden paasvejsede Plader).

Endelig har man forsøgt at forøge Svellens Modstandsevne mod Rustangreb ved at valse Sveller af Staal legeret med en ringe Mængde Kobber, 0,5—1,0 pCt.

Foruden disse Forbedringer ved selve Jernsvellen har man søgt at forbedre Ballastlaget for at kunne understoppe Hulheden i Svellen.

Som Underlag for Jernsveller har man anvendt et tromlet Lag af god

Skærveballast. Herpaa anbringes paa hver Svelles Plads en aflang Pladejernskasse uden Bund og af Form som Svellen. Disse Kasser fyldes med Skærver, der med mekaniske Stampere stampes fast sammen. Dernæst fjernes Kasserne, og Svelleterne anbringes over de saaledes tilvejebragte Skærverygge.

Man maa dog ikke glemme, at Forbedringer som Forøgelse af Vægten, Tilsætning af Kobber, særlig Behandling af Ballast o.s.v. koster Penge, saa de betyder en for Jernsvellen ugunstig Forrykning af Prisforholdet til Træsvelen.

Vi staar i Danmark frit i Valget mellem Træ- eller Jernsveller, og hidtil er udelukkende anvendt Træsveler.

Afgørende for Fremtiden vil være, hvorledes Prisforholdene vil stille sig. Det Tidspunkt vil muligvis kunne indtræffe, hvor Jern- og Træsveler vil komme til at stille sig lige i økonomisk Henseende.

Men under Hensyn til den daarlige Ballast, vi i Almindelighed er henvist til, vil det være lidet heldigt at anvende Jernsveller her i Landet.

I Europa anvendes Jernsveller i større Udstrækning kun i Schweiz og Tyskland.

2. JERNBETONSVELLER

Der er ofte fremsat Forslag til Anvendelse af Tværsveler af Materialer med større Holdbarhed end Træ og Jern og om muligt med endnu større Bærevne og Vægt.

Der er udført en Del Forsøg med Jernbetonsveler, men nogen større Anvendelse har de ikke faaet.

3. ENKELTUNDERSTØTNINGER

Stenblokke. Stenblokke har i Europa kun ringe Betydning som Underlag for Jernbanespor. De bruges i særlige Tilfælde, hvor man ønsker at løfte Skinnen saa højt, at der mellem dens Fod og Ballastens Overside bliver et frit Rum, som paa Vognvaskepladser, hvor der anvendes en vandtæt Befæstelse mellem Skinnerne. Stenblokkene stilles paa et fast Underlag, og Skinnerne fastgøres med Stenskruer, eller ved at der anbringes Trædybler i Stenene, hvori saa Spiger eller Svelleskruer kan sættes

Jerngryder. Af Enkeltunderstøtninger af Jern skal nævnes de saakaldte Gryder eller Klokker, hvor hver Tværsvelle er erstattet af to Kuglekalotter, forbundne med en Tværstang af Jern, som holder Skinnerne i den rette indbyrdes Afstand, med rigtig Hældning. *Greaves* Klokke er af Støbejern

og konstrueret til Brug for Stolskinner; den er en Slags Stol med meget stor Grundflade, med stor aaben Underside, hvori Ballasten stoppes op. Den egner sig især til Sandballast og kan næppe bruges i Stenballast. I Indien er i 1874 anvendt den i Fig. 41 viste Smedejernsklokke.

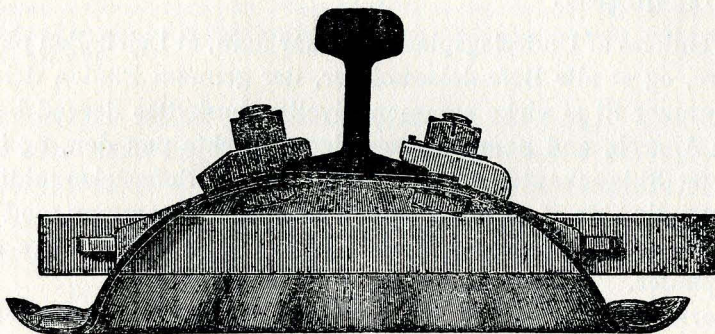


Fig. 41. Mac Lellans Smedejernsklokke.

Disse Understøtninger har vundet Udbredelse i Indien, Brasilien, Argentina m. m. De fordeler Hjultrykket over et for lille Ballastareal, men gør dog god Nytte i Lande, hvor Træsveller hurtigt ødelægges. De nedsænkes godt i Ballasten og forbindes med forsvarlige Tværstænger af Fladjern.

4. SKINNER, DER HVILER DIREKTE I BALLASTEN

Disse Skinnkonstruktioner er Forsøg paa at slaa selve Skinnen og en Længdesvælle sammen til een Konstruktionsdel. Forsøgene er ikke faldet heldigt ud. Til Havnespor anvendes Phønixskinner i Lighed med de til Sporvejsspor benyttede.

§ 13. SKINNERS BEFÆSTELSE TIL TRÆSVELLER

Skiner skal fastgøres til Svellerne paa en saadan Maade, at Forbindelsen bliver fast, saa de hverken kan forskydes til Siden eller i Sporets Længderetning, og at en Drejning ikke kan foregaa, samt at de ikke kan vælte og ikke løftes op fra Svellerne. Befæstelsesmidlerne skal optage de virkende Kræfter og overføre dem til en tilstrækkelig stor Del af Svellen.

Forbindelsesdelene skal bestaa af faa Stykker, der let kan anbringes, og Forbindelsen mellem Skinne og Svælle skal let kunne løses.

Den i Kurver benyttede Sporudvidelse skal paa simpel Maade kunne fremstilles.

Befæstelsesmidlerne skal være billige at anskaffe og vedligeholde.

1. VIGNOLESSKINNERS BEFÆSTELSE TIL TRÆSVELLER

Vignoleskinner lægges enten direkte paa Svellen eller paa en Underlagsplade.

a. Underlagsplader.

Ved Anvendelse af Underlagsplader opnaar man, at Lejefladen paa Svellen bliver større, og at alle Befæstelsesmidler, der gennem Pladen drives ned i Svellen, kommer til at virke sammen. Svellen beskyttes derved bedre mod mekaniske Angreb, end naar Skinnen ligger direkte paa den, og især undgaar man, at Skinnekanten trykkes ned i Træet. Befæstelsesmidlerne paa ind- og udvendig Side af Skinnerne tvinges til at virke sammen mod de vandrette Kræfter, saa Sporvidden sikres bedre, end hvor der ikke anvendes Underlagsplader.

I Danmark bruges Underlagsplader i hvert Fald paa Hovedbaner, og som Regel ogsaa paa Sidebaner, principielt paa alle Sveller af Fyr (men ikke paa Sveller af Bøg). Det er nødvendigt at anvende Underlagsplader paa Sveller af blødt Træ, da Sporets Godhed og Varighed derved forøges, og Vedligeholdelsesudgifterne formindskes. Gøres Underlagspladerne kileformede undgaar man at skære ud i Svellerne og holder lettere Skinnehældningen vedlige.

Underlagsplader udføres af Flusjern eller Flusstaa; deres Størrelse retter sig efter Skinnefodens Bredde og efter Svellens Bredde foroven.

Underlagsplader skal i kold Tilstand kunne lade sig bøje i en ret Vinkel om en Linie i Valseretningen, uden at der derved fremkommer Revner eller Tegn paa Brud.

Ved De danske Statsbaners Overbygning VI (60 kg Skinner) lægges Skinnerne direkte paa Bøgesveller uden Underlagsplader. Skinnen anbringes hældende 1:20 i et Indsnit i Svellen (Fig. 42)

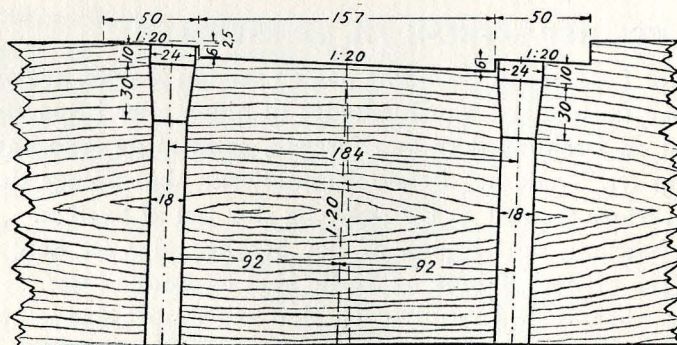


Fig. 42. De danske Statsbaner. 60 kg Spor. Indsnit i Svellen.

og befæstes med fire Svelleskruer, der for at kunne passe bedre til Skinnefoden ligeledes anbringes hældende 1:20. (Ved Overbygning V Bt (45 kg Skinner) er Svelleskruerne anbragt lodret for at gøre Fremstillingen af Hullerne lettere.)

Ved Overbygning VC (45 kg Skinner paa Hageplader med Kileklemlader) udgør Vægten af Underlagsplader og Klemplader pr. m Skinne 15,3 kg, altsaa mere end Forskellen i Skinnevægt mellem 45 kg og 60 kg Skinner. Den svære Overbygning VI ligger derfor i Pris som Overbygning VC. Fordelene ved Overbygning VI i Forhold til VC er Sporets store Stivhed saavel i lodret som vandret Retning og den enkle Konstruktion, der kun indeholder faa Dele, som kan rystes løse og blive udsat for Slid.

Der anbringes Huller i Underlagspladerne for Spiger eller Skruer. Hullernes Form retter sig efter Befæstelsesmidlernes Form og er firkantet, halvrund eller rund. Hullerne sættes helst saaledes i Forhold til Randlisterne, at disse beskytter Befæstelsesmidlerne mod Tryk af Skinnefoden. Hullernes Størrelse vælges 1—2 mm større end Størrelsen af Spiger eller Skruer.

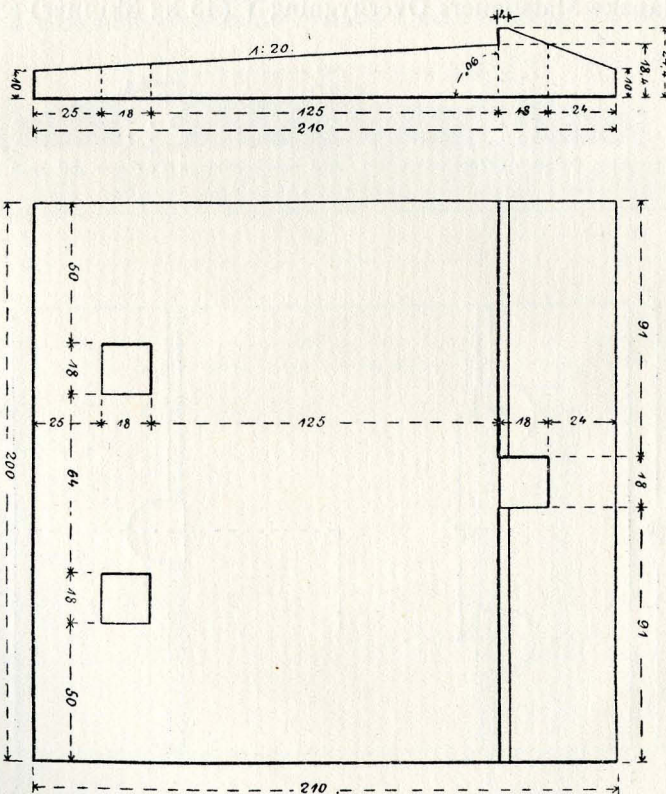


Fig. 43. De danske Statsbaner. Underlagsplade for 45 kg Skinner (VA).

Underlagspladens gode Virkning til at bevare den rigtige Sporvidde, skaane Svellerne, formindske Slidet paa Befæstelsesdelene og hindre Skinnen i at vælte, forøges, naar Underlagspladerne ikke befæstes til Svellerne ved de samme Midler, med hvilke Skinnerne fastgøres til Underlagspladerne. Skinnen kan derved indspændes langt kraftigere; Underlagspladen bliver nødvendigvis større, men Virkningen af den bliver ogsaa større.

De simple kileformede Underlagsplader anvendes i Forbindelse med Skinnespiger, der kan nøjes med, at Spigerets Næb ligger an mod Skinnefoden alene. Som Eksempel kan nævnes den Fig. 43 viste Underlagsplade for De danske Statsbaners 45 kg Skinner (Overbygning VA). Den vejer 4,80 kg.

Den Fig. 44 viste Underlagsplade for 32 kg Skinner forudsætter Anvendelse af Svelleskruer; den har den Mangel, at den kun giver eensidigt Anlæg for Svelleskruernes Hoved. Den vejer 4,15 kg.

For De danske Statsbaners Overbygning V (45 kg Skinner) ændrede man

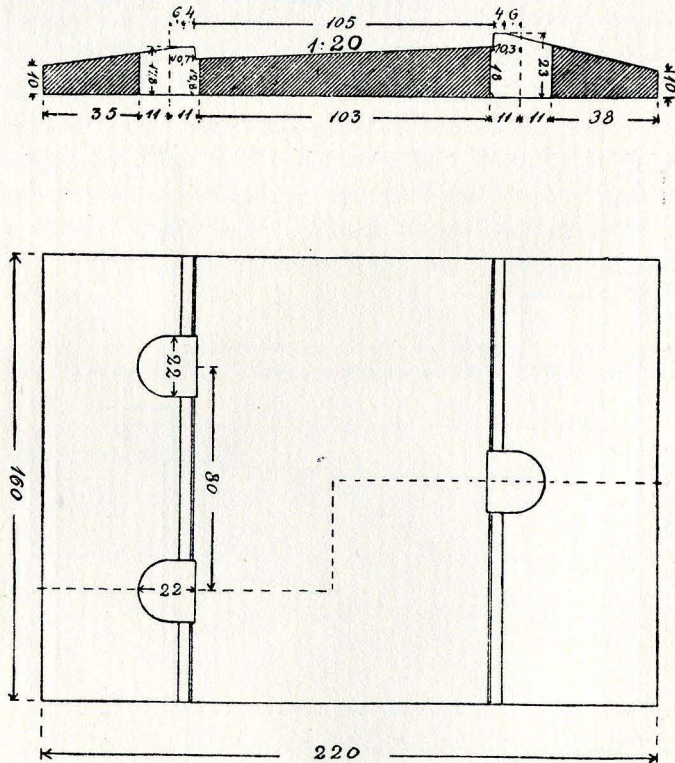


Fig. 44. De danske Statsbaner. Underlagsplade for 32 kg Skinner.

ved Overgangen til B-Spor fuldstændig Overbygningens Konstruktion. Grunden hertil var navnlig, at det havde vist sig, at de gamle Underlagsplader var for smaa og for hurtigt sled sig ned i Svellerne, ligesom de lange Z-Lasker med de store Udklinkninger let revnede. Ved den ændrede Overbygningsform anvendes Hageplader og sammenkoblede Stødsveler (Fig. 45). Den større Underlagsplade (160×310 mod tidligere 200×210 mm) har en Befæstelse til Svellen, der delvis er adskilt fra Skinnens Befæstelse til Underlagspladen. Fladetrykket paa Svellen bliver derved mindre, og Pladen ligger roligere paa Svellen, hvorfor Nedslidningen i denne bliver mindre. Skinnerne samles ved korte svære Vinkellasker med fire Laskebolte.

Hagepladen er fastspændt til Svellen med to udvendige og een indvendig Svelleskrue. Hagen sidder paa Skinnens Yderside og hindrer derved en Forskydning af Skinnen. Underlagspladen giver, da der anvendes særlige Spændplader paa Skinnens Inderside central Understøtning for Skruehovedet.

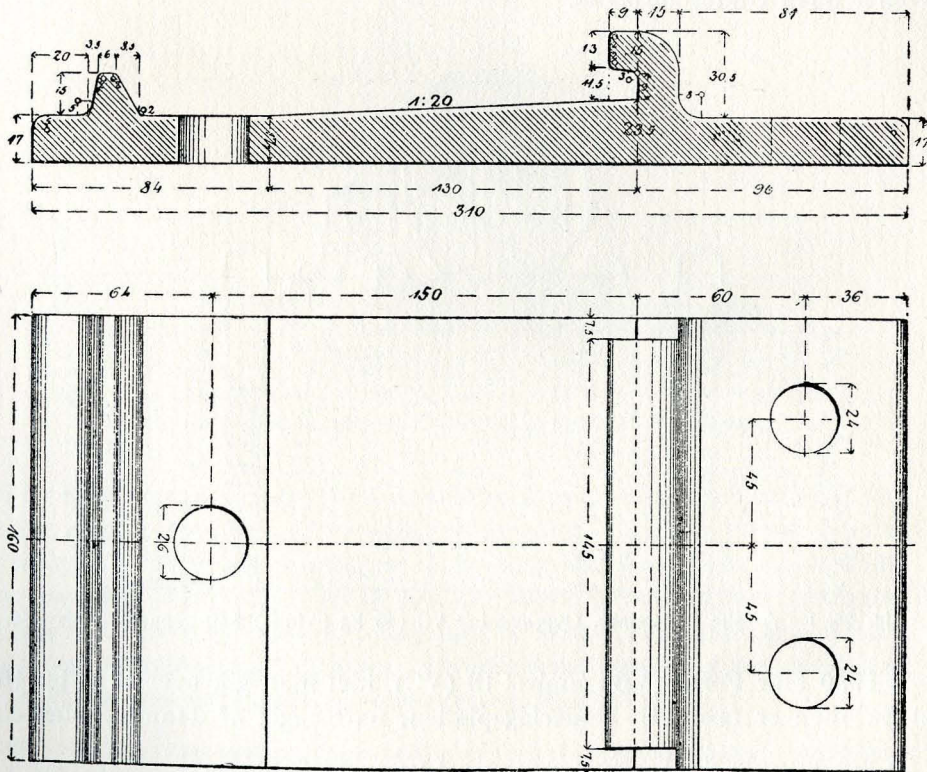


Fig. 45. De danske Statsbaner. Underlagsplade for 45 kg Skinner. (VB).

Den indvendige Svelleskrue fastholder tillige Skinne, idet den, foruden gennem Underlagspladen, gaar gennem en Kileklemplade, der spænder paa den indvendige Kant af Skinnefoden. Befæstelsen af Skinne til Underlagspladen, og Underlagspladen til Svellen, er altsaa kun delvis adskilt. Konstruktionens svage Punkt er den indvendige Svelleskrue, der ikke er stærk nok til at holde saavel Skinne som Underlagspladen fastspændt. Skruen arbejder sig løs i Svellen, hvorved Klempladen kommer til at sidde løs, saa den ikke mere holder Skinne fastspændt i Hagen. Følgerne heraf bliver løse Forbindelser, forøget Slid, Raslen i Sporet under Kørslen, og at Sporet udsættes for stærk Skinnevandring. Efter gentagne Tilspændinger af Skruen bliver Hullet i Svellen saa ødelagt, at en Udveksling eller Pløkning af Svellen bliver nødvendig, længe før Svellen iøvrigt er udslidt¹⁾.

Vægten af de til VB anvendte Underlagsplader er 7,82 kg.

45 kg Skinner lægges paa Fyrresveller med Underlagsplade og paa Bøgesveller uden Underlagsplade.

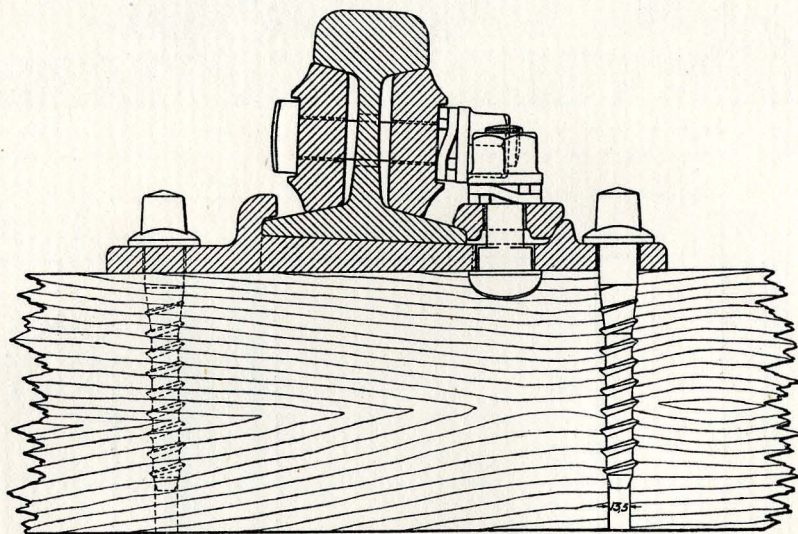


Fig. 46. De danske Statsbaner. Overbygning VC (45 kg Skinne) Snit gennem Stødsvelle.

I 1930 blev Form (VB) ændret til (VC), idet man gik over til (Fig. 46), at Skinne er fæstet til Underlagspladen, uafhængig af dennes Befæstelse

¹⁾ Erik Petersen: Nye Sporkonstruktioner ved De danske Statsbaner. Ingeniøren 1930, S. 222 og Ingeniøren 1933, S. 37.

til Svellen. Skinnen ligger paa en Hageplade, der med 4 Skruer er gjort fast til Svellen. Ydersiden af Skinnefoden holdes af Hagen, mens Indersiden holdes af en Kileklemplade, der støtter mod en skraa Vulst paa Underlagspladen. Klempladen spændes fast til Underlagspladen med en 22 mm Hagebolt, hvis Skaft fornedet er ovalt. Boltehovedet er skaalformet og faar Plads i en udfræset Fordybning i Svellen.

Klempladebolten har et ovalt Bryst, der gennem et tilsvarende Hul i Underlagspladen forhindrer Boltens Drejning.

Ved denne Konstruktion skal Klempladebolten anbringes, inden Underlagspladen skrues paa Svellen, og Udveksling af Bolten kan ikke ske, uden at Pladen løsnes fra Svellen. Imidlertid har det vist sig, at Udveksling af en Klempladebolt kun forekommer yderst sjældent.

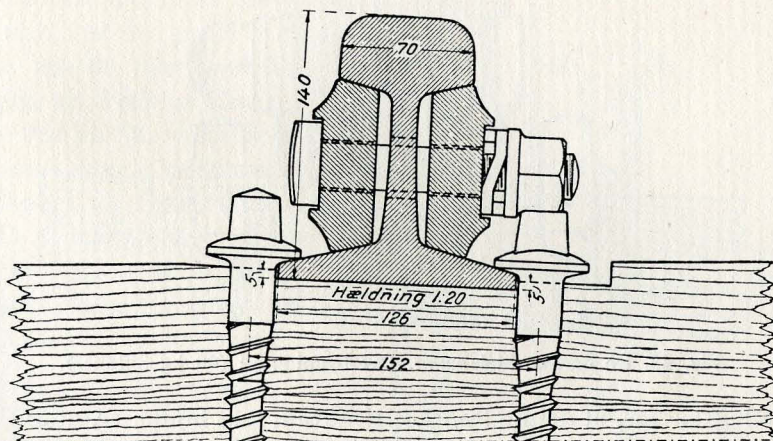


Fig. 47. De danske Statsbaner. Overbygning VB t (45 kg Skinne).

45 kg Overbygning (VBt) (1930) anvender ikke Underlagsplader. (Fig. 47). Skinnen staar med Foden direkte paa Bøgesvellen, i hvilken er udhøvlet en Hældning 1:20. Skinnen er fastgjort til Svellen med 3 Svelleskruer, saaledes at der paa den ene Svelle er en og paa den næste 2 Svelleskruer indvendig. Ved Stødet er hver Skinne gjort fast med 4 Skruer. Svelleskruens Gevind er som ved Overbygning VC, dog er Skruehovedet større, og Undersiden af det er skraat, saa det svarer til Skinnefodens Hældning.

Stødet konstrueres med sammenkoblede Sveller, men for at bevare Karakteren af »svævende« Stød er Svelleterne rykket 50 mm fra hinanden, ved at der er indskudt Mellemlægsklodser ved Stødsvelleboltene.

Naar denne Overbygning har holdt godt, er Grunden formentlig, at Skinnernes Befæstelse til Svellerne er saa kraftig, at Skinner og Sveller ikke bevæger sig i Forhold til hinanden. Dette skyldes den store Friktion mellem Jern og Træ, og den stærke Fastspænding, der naas ved Anvendelse af Svelleskruer i Bøgetræ. At Modstanden mod Skinnevandring er stor, har især Betydning, naar man i Sporet anvender Langskinner. For at hindre Skinnevandring er der desuden paa hver 30 m Skinnes Midte anbragt 10 Vandreklemmer, hvoraf de to er anbragt modsat de to.

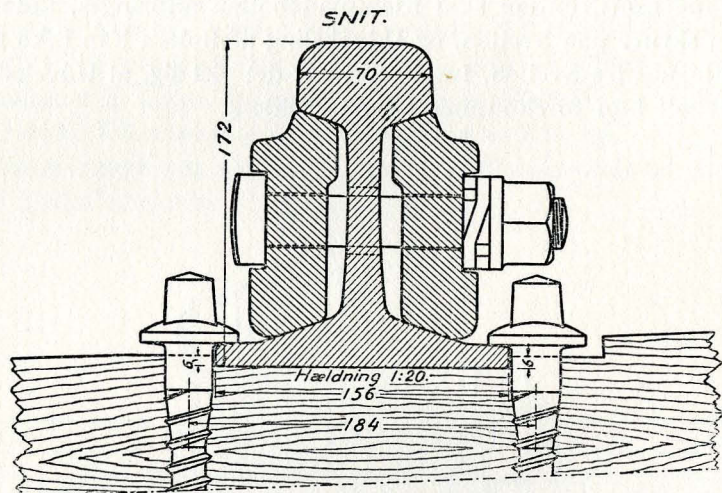


Fig. 48. De danske Statsbaner. Overbygning VI (60 kg Skinner).

En Betingelse for, at denne Spor konstruktion kan holde, er, at Svelleskruerne holdes haardt tilspændte, f. Eks. ved at der foretages en Efterspænding hvert andet Aar. Besparselsen ved at undgaa Anvendelse af Hageplader, Klemplader og Klempladebolte m. m. er saa betydelig, at den opvejer Bøgesvellens Merpris, saa Anvendelsen bliver økonomisk fordelagtig.

45 kg Overbygning med Bøgesveller giver:

- blødere og mere støjfri Kørsel end en Overbygning med Underlagsplader
- Sporet større Stivhed, — hvilket især har Betydning ved en Langskinneoverbygning — (en imprægneret Bøgesveller vejer ca. 98 kg, en imprægneret Fyrresveller ca. 65 kg).

b. Befæstelsesmidler.

Vignoleskinner fastgøres til Træsveler med Spiger, Skruer, fjedrende Skinnespiger eller Bolte med Møttrik.

Modstanden mod Optrækning er for hvert Spiger i haardt Træ 3—4000 kg, i blødt Træ 2000—2500 kg. Modstanden mod Sideforskydning er henholdsvis 2200 og 1500 kg og højere end ved Svelleskruer.

Fig. 49 viser et af De danske Statsbaner til 45 og 37 kg Skinner benyttet Skinnespiger, hvis Vægt er 0,31 kg; til de danske Privatbaners 22,45 kg Skinner er benyttet et lignende Skinnespiger, hvis Længde dog kun er 140 mm og Vægten 0,286 kg.

2. Svelleskruer.

Svelleskruer fortrænger mere og mere Skinnespiger. De i Fig. 50—52 viste Svelleskruer vejer henholdsvis 0,55, 0,47, og 0,42 kg.

Skruehøjden er 6—14 mm. Er den ydre Diameter d , kan man omtrent sætte: Længden = 6—8 d , Hovedets Diameter = 2—2,5 d , Skruenhøjden = $\frac{1}{3}$ — $\frac{1}{2}$ d . Hovedets Dorn er 16—20 mm tyk og 20—24 mm høj.

Svelleskruens Holdkraft i Træ er større end Skinnespigerets, men dette modstaar bedre, især i Sveller af blødt Træ, Sidetrykket end Skruen med dens skarpe Gænger. Modstanden mod Udtrækning af haardt Træ kan naa op til 9000 kg.

Gevindet paa den tidligere anvendte Svelleskrue har vist sig at være for svagt. Til Overbygning VC og VI anvender De danske Statsbaner svære Svelleskruer med kraftigt Gevind. Denne Skruer har rektangulært Hoved i Mod-sætning til de tidligere anvendte

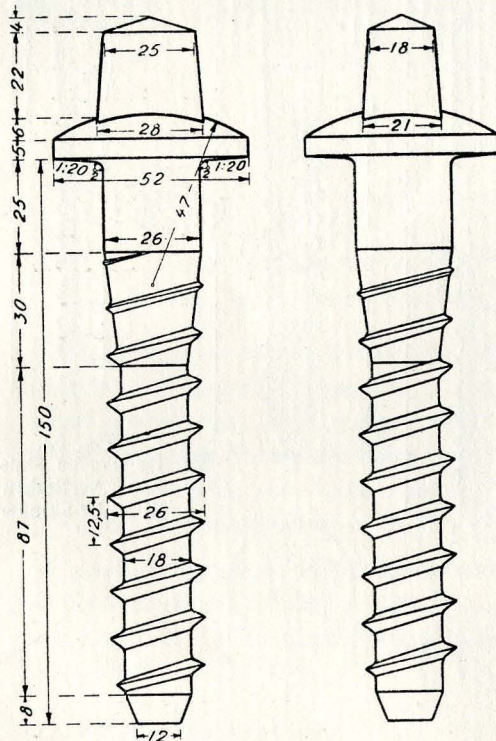


Fig. 53. De danske Statsbaner. Svelleskrue til 60 kg Skinner.

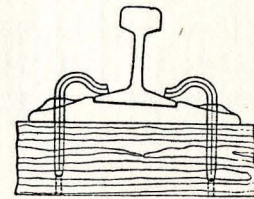


Fig. 54. Fjedrende Skinnespiger.

kvadratiske Hoveder. Topnøglen griber da bedre fat, naar Skrue og Nøgle er slidte. (Fig. 53).

Skruehovedet forsynes med Dorn til Paasætning af Skruenøgle. I Oversiden af Dornen anbringes i Relief et Bogstav eller andet Mærke, eller Dornen ender i en Pyramide, for at man kan se, om Skruen imod Bestemmelserne er blevet slaaet ned med Hammer i Stedet for at være skruet ned.

For Skruer bores for i Svellerne.

Svelleskruer og Spiger forfærdiges af bedste Sort Svejsejern eller blødt Staal; de skal i kold Tilstand kunne lade sig bøje saaledes, at de danner en Sløjfe om en Dorn med et Tværmaal lig deres Tykkelse, uden at der derved fremkommer Revner eller Tegn paa Brud.

3. *Fjedrende Skinnespiger.*

Til de nu anvendte Akseltryk og Hastigheder vil Svelleskruer og maaske især Spiger ikke i Længden være tilfredsstillende. Paa Grund af sin Stivhed vil Skinnespigeret for let blive løst ved Skinnens Svingninger og Hjulenes Slag, og Skinnen vil lidt efter lidt trække det ud af Svellen. Foran og bag Hjulet løfter Skinnen sig fra sit Underlag, men under Hjulet vil den som en Hammer slaa ned paa Underlaget. Derved fremkommer dels et tidligt mekanisk Slid paa Svellen paa det Sted, hvor Skinnen hviler, og dels den besværlige Skinnevandring. Det samme sker, ganske vist langsommere, hvor Svelleskruer anvendes. Spiger og Skruer yder heller ikke mod Sidetryk i Kurver tilstrækkelig Modstand. Ofte har for tidligt Slid paa Smaadelene bestemt Tidspunktet for Fornyelse af hele Overbygningen. En fast Forbindelse mellem Skinne og Svelle naas, naar Spigerets Hoved gøres fjedrende, saa de uundgaaelige Svingninger og Stød i Skinnen kan opfanges elastisk og optages, saa de ikke mere kommer til at virke paa det i Svellen siddende Skaft. Ud fra disse Betragtninger er det fjedrende Skinnespiger blevet konstrueret. (Fig. 54).

Det fjedrende Skinnespiger er en Lamelfjeder og bestaar af to eller flere paa hinanden lagte Fjederbaand af legeret Staal, der i deres øverste Del er bøjet i en flad Bue til en lang Arm, der støtter mod Skinnefoden. Denne Bøjle holder Skinnen fast; den erstatter Hovedet paa det tidligere Skinnesøm. Da Bøjlen maa have en vis Længde for at være tilstrækkelig fjedrende, maa det fjedrende Skinnesøms Skaft slaas i Svellen i nogen Afstand fra Skinnefoden. Forneden er Fjederbaandene forbundet med hinanden, foroven ligger de frit paa hinanden, for at de ved Bøjleens Fjedring kan forskydes imod hinanden. De fjedrende Baand bøjes i varm Tilstand. Krumningen er saa svag, at Tværnittet ikke ændres, og Styrke og Elasticitet ikke lider. Da det fjedrende

Skinnespiger bestaar af fjedrende Staal, er det elastisk baade i lodret og i vandret Retning. Som Følge heraf har det næppe Indflydelse paa Bøjleens Trykkraft, om Skinnen eller dens Underlagsplade arbejder sig ned i Svellen; det fjedrende Spiger holder alligevel Skinnen fast til Svellen. Ogsaa i vandret Retning har det fjedrende Skaft større Evne til at blive staaende i Svellen end det almindelige Spiger eller Skrue. Hammerslag mod det fjedrende Spigers Skaft kan ikke deformere eller krumme Skaftet. Efter hvert Slag fjedrer Skaftet igen tilbage i sin oprindelige Stilling.

I Almindelighed er to fjedrende Spiger tilstrækkelige til at gøre Skinnen fast. I Kurver anvendes tre eller fire.

Det fjedrende Spiger bestaar for Normalspor af to Fjederbaand med et samlet Tværsnit paa 16×16 mm. En saadan Bøjle kan udøve et Tryk paa Skinnefoden paa 350—400 kg. Det fjedrende Spiger slaas ned i runde borede Huller i Svellen; er Skaftets Tværsnit 16×16 mm bores der i blødt Træ et Hul med 15 mm Diameter og i haardt Træ 16 mm. Nedslagningen sker med en almindelig Hammer med 2 kg Vægt. Bøjer man med en Vægstang den fjedrende Ende af Bøjlen, presses herved Spigerskaftets Ryg alene mod Hullet i Svellen; Udtrækning af Spigeret er paa denne Maade ikke mulig. Til Udtrækning kræves et særligt Værktøj med to Kløer, der fatter om Spigeret umiddelbart over Svellen.

Ved Massefremstilling bliver det fjedrende Spiger omtrent 70 % dyrere end det almindelige Skinnespiger og omtrent 50 % dyrere end Svelleskruerne. Til Gengæld skulde man faa væsentlig lavere Vedligeholdelsesudgifter.

Det fjedrende Skinnespiger anvendes noget i Sverige, men endnu ikke i Danmark.

4. *Svellepropper.*

Svellepropper af haardt Træ indsættes enten straks i nye Sveller, men oftest i ældre Sveller, der er ødelagt paa Sømstederne, men iøvrigt gode. Propperne er enten glatte ca. 100 mm lange og 40 mm i Diameter og slaas ned i forud borede Huller, eller Propperne er skrueformede, gaar gennem hele Svellen, lukkes forneden med en lille Metalbøsning og skrues ind. I Propperne bores derefter for for Spiger eller Skruer. Naar Propperne er slaaet eller skruet ind, staar de ca. 10 mm op over Svellens Overside, og dette fremstaaende Stykke fræses derefter af.

Naar den rigtige Sporvidde under Driften gaar tabt, maa Befæstelsesmidlerne tages ud for igen at sættes ind, naar Sporet er blevet rettet. Dette er ikke til Gavn for Svellernes Levedygtighed.

Anvendelse af Underlagsplader hjælper meget til at bevare den rigtige Sporvidde, men hvor Forholdene i denne Retning er vanskelige f. Eks. i skarpe Kurver, kan man anvende Sporstænger, Klodser af Træ eller bøjet Jern paa Ydersiden eller Kontraskinne paa Indersiden af Inderskinnen.

2. STOLSKINNERS BEFÆSTELSE TIL TRÆSVELLER

Stolskinner kræver særlige Stole (Fig. 29), der udføres af Støbejern. Skinnehældningen tilvejebringes ved Stolen. I denne understøttes Skinnefoden direkte, og Skinnekroppen fastholdes mod Sideforskydning. Ydersiden af Skinnen fastholdes af Kilen.

Der anvendes i England Skinnestole, der vejer ca. 25 kg og har en Grundflade paa ca. 200×400 mm. I Frankrig er Stolene lettere, til Dels fordi Svelleafstanden er mindre end i England. Der findes franske Stole, der vejer 10,5 og 14,5 kg og har Grundflader paa henholdsvis 110×310 mm og 130×350 mm.

Skinnestolene fastgøres paa Svellerne med Spiger, Skruer, eller Bolte med Møttrik.

Stolspiger er firkantede eller runde med flade afrundede Hoveder. Er Spigerne runde, faar de oftest afstumpet kegleformet Spids, men dette kræver nødvendigvis, at der bores for i Svellerne, for at disse ikke skal flækkes.

Stolspiger er tunge; der findes Spiger, der vejer 0,616 kg.

Det er et Fortrin ved Stolskinners Befæstelse, at det ikke er det samme Befæstelsesmiddel, der fastholder Stol og Skinne.

§ 14. SKINNESTØDET

Store Vognvægte og Toghastigheder har i væsentlig Grad forøget Paavirkningen paa Sporet.

Kørsel med hurtige og lette Motorvogne, der er særlig følsomme overfor Sporets Tilstand, kræver stor Omhu ved Vedligeholdelsen af Sporet og ved Tilsynet med det.

Skinnestødet er det følsomste Sted i Sporet og Kilden til alle Højde- og Retningsfejl. Ved det viser Manglerne sig først og overføres derfra til hele Sporstrengen. Det bestemmer det Tidsmellemrum, der kan være mellem to Sporeftersyn.

Sporets Mangler og især dets Diskontinuitet er Udgangspunkt for Slag og dermed for Ødelæggelse af dets Bestanddele. Stødet er et svagt Punkt, thi det danner en Afbrydelse i Kørefladen og fremkalder et uundgaaeligt

Slag af Hjulbandagerne mod Skinneenderne. Virkningen er desto mere skadelig, jo tungere Belastningen er, og jo større Hastigheden.

En Reduktion af Antallet af Skinnestød i et Spor, der skal taale tung og hurtig Trafik, er derfor ønskelig, for at det saa længe som muligt skal bevare sin gode Tilstand. Denne Reduktion kan kun naas, ved at man anvender store Skinnelængder, hvis Temperaturvariationer kan foregaa uden Fare for Overbygningens Styrke og Ligevægt.

Ved Kørsel over et Skinnestød er det ikke selve Spillerummet, der er det skadelige, thi Slaget ved Skinnestødet skyldes alene Skinneendernes lodrette Bevægelse i Forhold til hinanden. Hvis en saadan Bevægelse ikke fandt Sted, vilde Hjulets Passage over Mellemrummet og det ringe Fald, det derved vilde lide, være umærkeligt, hvilket bekræftes paa nyt Spor, hvor man i den første Tid ikke kan mærke Kørslen over de enkelte Stød.

Det almindelige Skinnestød har flere Ulemper:

1. Stødene er, m. H. t. Styrke og Stivhed, en svækket Del af Sporet.
2. Boltene løsnes og foraarsager en omstændelig Pasning ved Sporets Vedligeholdelse.

3. Skinneenderne slides og bøjes ned, samtidig med at Laskernes Anlægsflader mod Skinnehovedet slides ved Skinneenderne.

4. Varmespillerummet i Stødene giver for hvert Hjulpar, som passerer, et Stød, som er skadeligt for baade Skinner og rullende Materiel. Slagene i Stødene vil selv med omhyggelig Lydisolation, give ubehagelig Støj inde i Personvognene. Dertil kommer endnu den Ulempe fra Slagene i Stødene ved almindelige Skinnelængder (15 m), at en Række af saadanne Stød vil give Resonans med det rullende Matriels Egensvingninger, især ved de større Toghastigheder; dette vil ikke saa let ske, naar Skinnelængderne forøges til omkring 30—40 m. En Forøgelse af Skinnelængden vil give færre Forbindelser ved elektriske Baner.

Der er i Tidernes Løb fremkommet utallige mere eller mindre komplicerede Stødkonstruktioner, men det er endnu ikke lykkedes at finde en fuldt tilfredsstillende Løsning. Stødet dannes ved Sammenspænding og Sammenkiling af flere Dele, og hvor kraftig denne Spænding og Kiling end er, vil der ved Hjulenes Passage foregaa smaa Bevægelser mellem Delene. Disse Bevægelser vil foraarsage Slid paa Delene, Forbindelserne bliver løsere, Slidet tiltager, og det nedbrydende Arbejde vil foregaa med stærkt voksende Hastighed. Det gælder derfor om, at der i Stødet findes saa faa Dele som muligt,

hvorfor Stødet søges konstrueret paa simplest mulige Maade. For at formindske de med Stødene forbundne Ulemper, søger man at formindske Stødenes Antal til det mindst mulige. Større Afstand mellem Stødene medfører roligere Kørsel og dermed mindre Slid paa det rullende Materiel.

1. STØDETS KONSTRUKTION

Stødet er enten fast eller svævende.

Ved det faste Stød viste det sig snart, at Kørsel over Stødet blev haard, og hvert Hjul virkede som et Hammerslag. Det faste Stød er ikke elastisk.

Det faste Stød blev anvendt i Jernbanernes første Tid; de to Skinneender hvilede paa samme Tværsvelle, og Lasker blev ikke anvendt. Da dette ikke viste sig tilfredsstillende, begyndte man først at bruge en udvendig Fladlaske og senere baade en udvendig og en indvendig Fladlaske. Da Skinnehovedets Underside var for stejl til at give tilstrækkelig Anlægsflade for Laskerne, kunde disse Lasker ikke overføre lodrette Kræfter, men kun hindre en Sidebevægelse af Skinneenderne i Forhold til hinanden. En Overføring af lodrette Kræfter blev mulig, ved at man formede Hovedets Underside og Fodens Overside med skarpere Underskæring, saa Laskerne blev kileformede og kunde spændes fast.

Denne Laskeform kunde vanskeligt anvendes ved Stolskinner, saa man allerede i 1847 i England begyndte at gøre Forsøg med at udføre Skinne-stødet svævende; da man herved fik blødere Kørsel, gik man ogsaa for Vignoleskinner over til at anvende det svævende Stød, d. v. s. et Stød, der ligger midt imellem to Sveller, Stødsvellerne.

Da Fladlasker med de den Gang anvendte Stødsvelleafstande ikke kunde holde Stødet i Orden, blev man nødt til at gøre Laskernes Modstandsmoment større.

Man indførte en Vinkellaske, der har en lodret og en paa Skinnefoden hvilende Flange. Lasken naar hen over Stødsvellerne, og der klinkes ud i den for Spiger, saa man paa denne Maade faar et Middel til at modvirke Skinnevandringen.

Vinkellasken har undertiden faaet en Fod, idet man har ladet den plane Underside flugte med Skinnefodens Underside, saa Lasken ogsaa hvilede paa Svellen. Man har ment, at man paa Grund af den større Liggeflade, man derved fik, skulde faa formindsket Slidet paa Svellen; men dette slaar ikke til, da man i hvert Fald ikke i Længden kan bevare Anlæg paa hele denne Liggeflade.

Vinkellasken er blevet forstærket ved Tilføjelse af en nedadvendende

Flig (Z Lasker). Den nedadvendende Flig maa skæres bort over Svelle og Underlagsplade, og ofte skæres et Stykke af den vandrette Flig bort, for at Befæstelsesmidlerne kan komme til at holde direkte paa Skinnefoden. (Fig. 55—60).

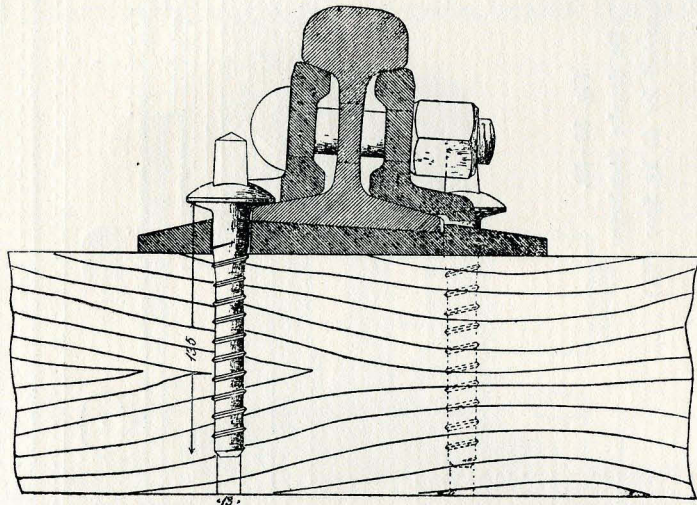


Fig. 57. De danske Statsbaner. Skinnestød for 32 kg Spor. Tværsnit.

Til disse Lasker anvendes som Regel 4 Laskebolte, der faar deres Plads mellem Stødsvelleterne. Da lange Lasker imidlertid er fordelagtigere for Stødets Godhed, har man undertiden forlænget disse Lasker, saa der bag Stødsvelleterne bliver Plads til en 5. og 6. Bolt. (Fig. 58—59). Men da den nødvendige Udkæring over Stødsvelleterne i Virkeligheden gør Lasken paa dette Sted til en Fladlaske, har denne Konstruktion ikke i Længden kunnet gøre sig gældende

Paa Grund af de Mangler, der findes baade ved Vinkellasker og ved Z-Lasker, er man vendt tilbage til Fladlasken, samtidig med at Stødsvelleafstanden er blevet formindsket ved Anvendelse af koblede Stødsvelle. Fladlasken er den Type af Lasker, som anses for den teoretisk set mest korrekte, og den anvendes ved alle svære moderne Overbygninger. Fladlaskens neutrale Akse kan lægges, saa den omtrent falder sammen med Skinnens neutrale Akse; de elastiske Bevægelser ved Stødets Nedbøjning under Hjulbelastningen giver da ikke nogen Glidning af Lasken i Forhold til Skinnen; Slidet vil derfor blive mindre. Desuden kan ved Fladlasken den aldrig helt undgaaelige Vandring af Skinnen foregaa, uden at denne overføres til Befæstelsesmidlerne og derigennem til Stødsvelleterne, hvilket er uheldigt og bør hindres.

Stødene i de to til et Spor hørende Skinner lægges lige over for hinanden.

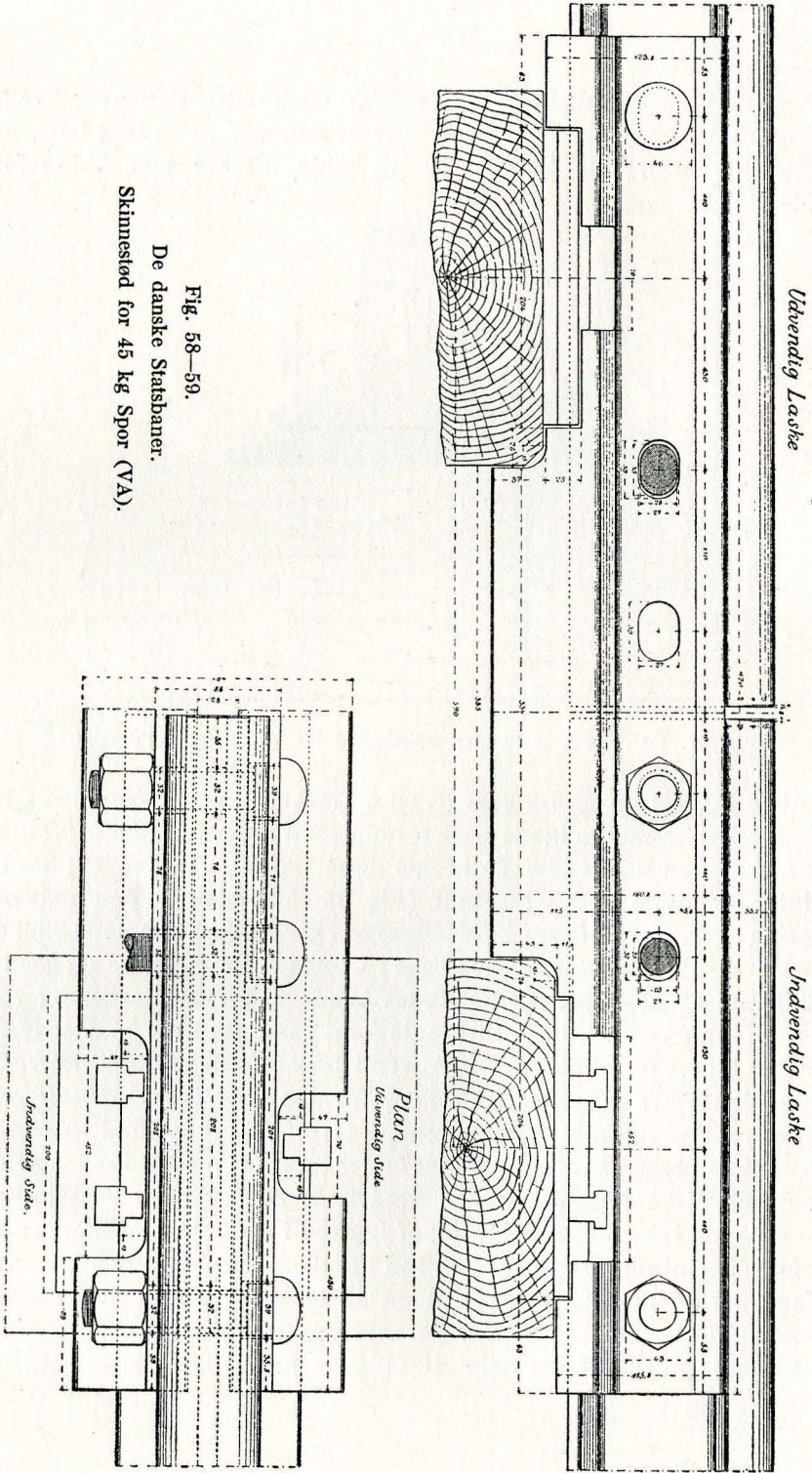


Fig. 58—59.
 De danske Statsbaner.
 Skinnestød for 45 kg Spor (VA).

De Bevægelser, der foregaar ved et ulasket svævende Skinnestød under et Togs Passage, kan forklares saaledes:

Naar Hjulet staar 5—6 m fra Stødet (Fig. 61), har den tilførende Skinne hævet sig lidt, og denne Løftning naar sit Maksimum, naar Hjulet er ca. 2 m fra Stødet. Skinnen begynder derefter at synke, og naar Hjulet staar lige ved

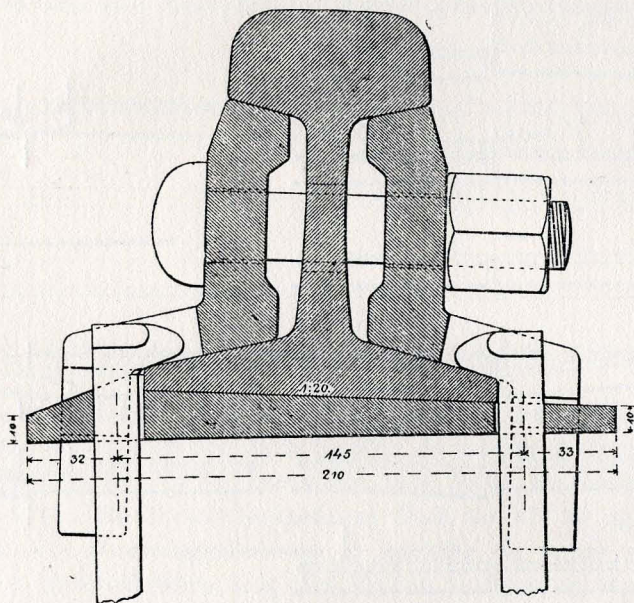


Fig. 60. De danske Statsbaner. Skinnestød for 45 kg Spor (VA). Tværsnit.

Stødet, er Skinnen trykket ned i Forhold til den bortledende Skinne. Efter at Stødet er passeret, gaar den tilførende Skinne tilbage til sin oprindelige Stilling, og den bortledende Skinne trykkes ned. Naar Hjulet derefter fjerner sig fra Stødet, løfter den bortledende Skinne sig igen. Ved Stødet løftes Hjulet; Slaget mod Skinneenden bevirker, at det slynges op, hvorefter det igen falder ned paa den bortledende Skinne et lille Stykke fra Skinneenden.

Er Stødet lasket, modvirker Laskerne Bevægelsen, og Bevægeligheden af Skinneenderne i Forhold til hinanden bliver mindre, men nogen Bevægelse vil der altid blive, da Laskerne ikke kan passe helt nøjagtigt.

Laskernes og Skinnernes gensidige Bevægelser er vist i Fig. 61. Laskerne slides derved, eller de paavirkes over Flydegrænsen— især ved a og b. Spilrummet mellem Skinne og Laske bliver større, saa Lasken vil tillade Skin-

nen en større Bevægelighed, hvorved det Trin, som Hjulet skal hoppe over, ogsaa vil blive større.

Ved Passagen over Stødet kommer Vognene i Svingninger, hvorved Hjultrykkene paa de nærmest Stødene liggende Sveller forøges, og denne Virkning bliver principielt ens, enten Stødet er fast eller svævende. Naar det faste

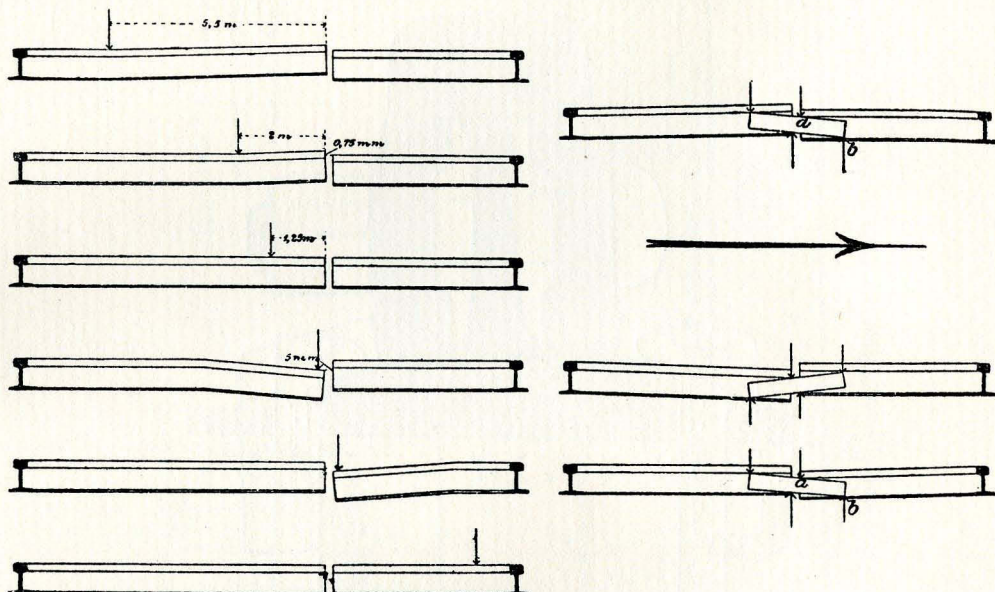


Fig. 61.

Stød i den almindelige Form har vist sig mindre heldigt, kan dette forklares ved, at Understopningen under Stødsvelen hurtigt ødelægges, saa man i Virkeligheden faar et svævende Stød med den dobbelte Svelleafstand.

Man kan forbedre et Skinnestød ved at forøge Laskernes Inertimoment og Modstandsmoment, og en Forbedring af Ballasten, en Formindskelse af Svelleafstanden og en Forøgelse af Svellens Underfladeareal vil virke i samme Retning.

Afslidningen af Laskerne og Udplatingen af Skinneenderne formindskes, ved at Sporet lægges i Stenballast; ved at anvende lange, brede og stive Sveller eller tættere liggende Sveller kan man opnaa, at Sporet omkring Skinnestødet ikke bliver mere eftergivende end den øvrige Del af det.

Ved Udplatingen danner Oversiden af Skinnehovedet »Næb«. Naar Skin-

nerne udvider sig, presser de udplattede Næb mod hinanden, og der kan da springe Fliser af Kørefladerne, hvorved Skinneenderne ødelægges. Hvor Udplætning finder Sted, eftergaar man Skinneenderne med Mejsel og Fil om Vinteren, naar Spillerummene er store, og fjerner derved Næbene.

Svelleafstanden kan gøres aftagende henimod Stødet, og Stødsvelleerne kan lægges saa tæt, som Hensynet til Understopningen tillader.

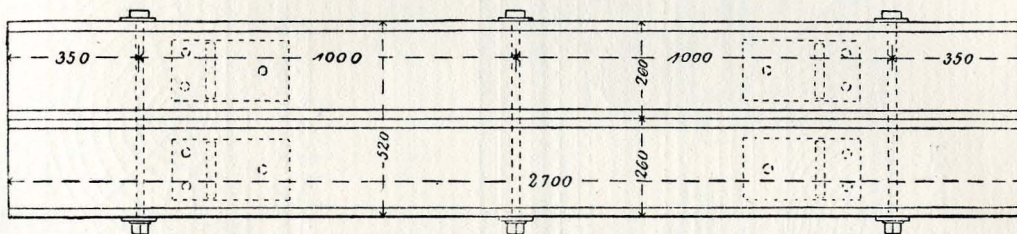


Fig. 62. De danske Statsbaner. Skinnestød for 45 kg Spor (VB). Koblede Stødsvelleer.

Man er gaaet et Skridt videre og har flyttet de to Stødsvelleer sammen til een Svelle. Man bibeholder dog de to Sveller, da en enkelt tilstrækkelig bred Svelle vilde blive for dyr, og forbinder dem med Bolte. En saadan Konstruktion er anvendt ved De danske Statsbaners Stød for 37, 45 og 60 kg Skinner. (Fig. 62—71) Underlagspladerne er adskilte og ender et Stykke fra Skinneenderne, hvorved disses Slag mod Pladen undgaas, og Stødet vedbliver at være svævende; den korte, kraftige Vinkellaske eller Fladlaske har kun mindre Udskæringer, saa den har bevaret sin Styrke i hele Længden.

Om det Standpunkt, man i Øjeblikket er naaet til med Hensyn til Stødets Konstruktion, kan siges, at man er enig om, at det svævende stumpe Stød er den mest hensigtsmæssige Stødskonstruktion. For at formindske Skinnestødets skadelige Virkninger anbefaler man at udføre dette Stød med svære Lasker og god Befæstelse paa Underlagsplader og Stødsvelleer. Som andre Midler til Forstærkning af Stødet anbefaler man

- at understøtte Skinneenderne ved en elastisk Stødbro,
- at formindske Stødsvelleafstanden saa meget som muligt, idet der dog skal være Mulighed for god Understopning.
- at udforme det svævende Stød som Dobbeltsvellestød.

De stadig voksende Akseltryk og Kørehastigheder stiller store Krav til Overbygningen. Sporets Godhed, Kørselens Ro og Driftssikkerhed, og frem-

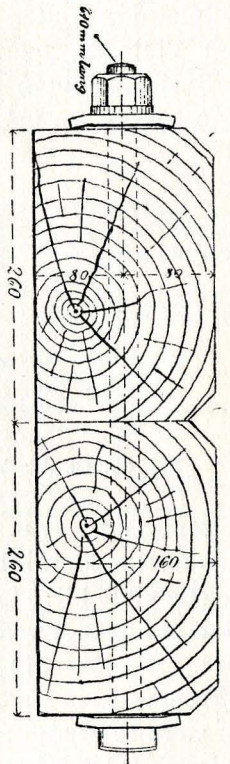


Fig. 63. De danske Statsbaner. Skinnestød for 45 kg Spor (VB). Koblede Stødsveller. Tværnsnit.

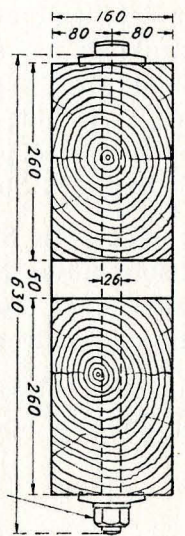


Fig. 64. De danske Statsbaner. Skinnestød for 60 kg Spor (VI). Koblede Stødsveller. Tværnsnit.

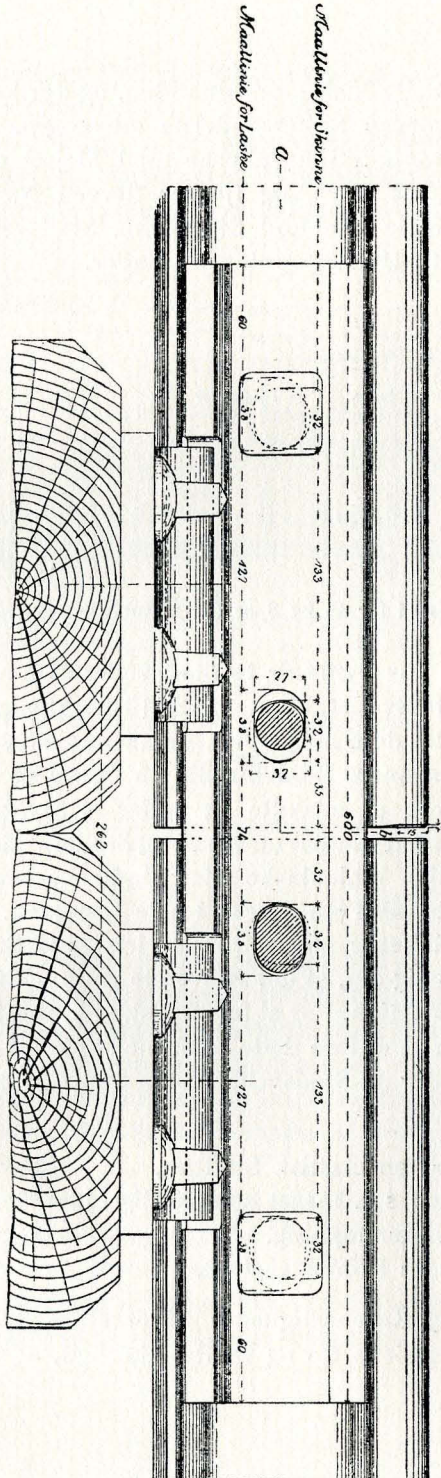


Fig. 65. De danske Statsbaner. Skinnestød for 45 kg Spor (VB).

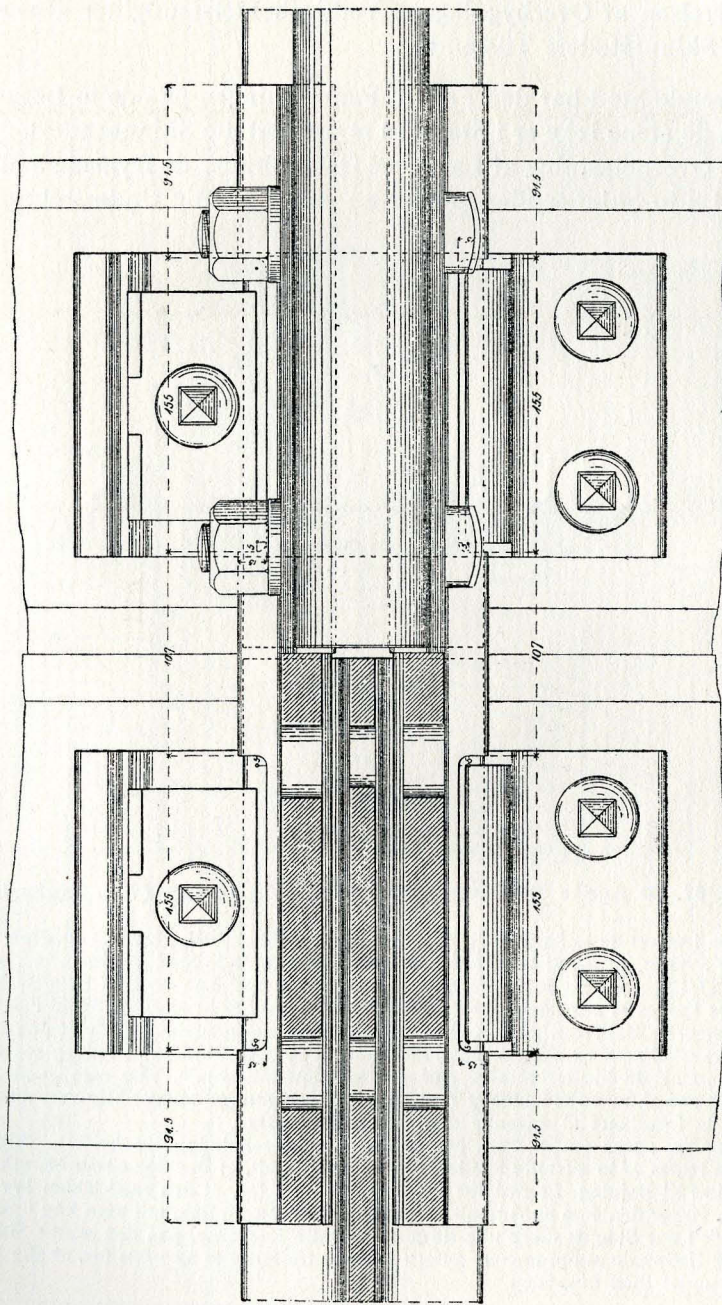


Fig. 66. De danske Statsbaner. Skinnestød for 45 kg Spor (VB).

for alt Størrelsen af Overbygningens Vedligeholdelsesudgifter afhænger væsentligt af Skinnestødets Tilstand.

Det svævende Stød har den Fejl, at Paavirkningen paa de to Lasker bliver saa stor, at de alene ikke er i Stand til at understøtte Skinneenderne tilstrækkeligt. Ved Overbelastning af Laskerne fremkommer de frygtede Sænkninger af Stødet. De to Skinneender kræver en meget kraftig Understøtning.

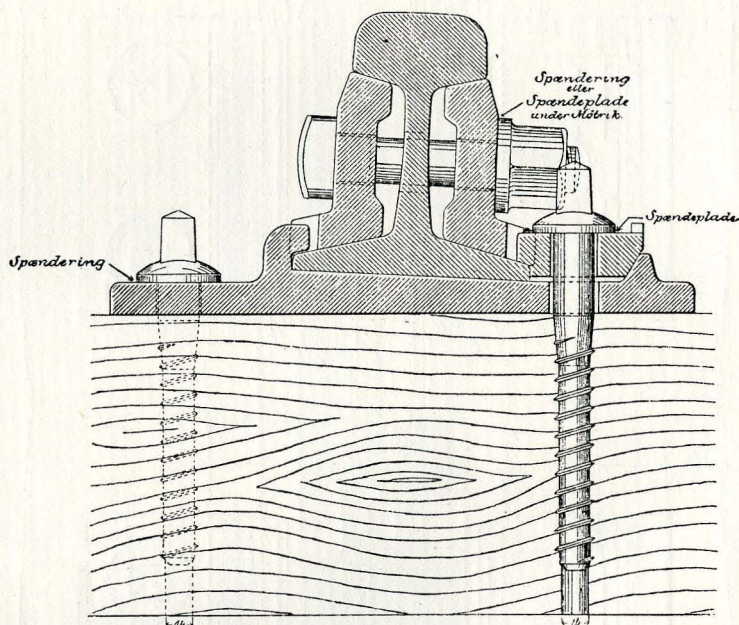


Fig. 67. De danske Statsbaner. Skinnestød for 45 kg Spor (VB). Tværnsnit.

Man har da trukket de to Stødsveler sammen til en Dobbeltsvelle. En lille Stødbro ligger over de to koblede Sveller, og for at bevare Karakteren af et svævende Stød fik Stødbroen paa Midten et Hul paa 127/120 mm. To fritsvævende Skinnestumper med kun 60 mm Længde kan næppe helt med Rette kaldes et svævende Stød. Den 520 mm brede Dobbeltsvelle foruroliger ved Skinneens Bølgebevægelse Ballasten mere end enkelte Sveller. Understopningen af den brede Dobbeltsvelle er vanskeligere og mindre paalidelig end af to Enkeltsveller. Trykkeglens Grundflade er ved to sammenlagte Sveller mindre end ved to adskilt liggende. Men netop ved Stødsveler kommer det an paa at faa en saa gunstig Trykfordeling som muligt. Man er klar over disse Mangler, og man har da foreslaaet at anvende den saakaldte Stødbro.

Men selv om nu ogsaa en Stødbro, der bestaar af en Jernplade, paa hvilken Skinneenderne hviler, og som bæres af to adskilte Sveller, har holdt sig godt, er der dog ogsaa Mangler ved den. Broen paavirkes til Bøjning. Er den for svag, er der Fare for, at den med Tiden brydes itu; er den for stærk, virker den som en Ambolt. Det kommer derfor an paa, om man kan finde en Stødbro, der paa den ene Side er stærk nok til at understøtte Laskerne, paa den anden Side ogsaa er elastisk nok til fjedrende at opfange og optage Stødene fra Hjulene og sørge for, at alle Dele steds forbliver forbundet med hinanden.

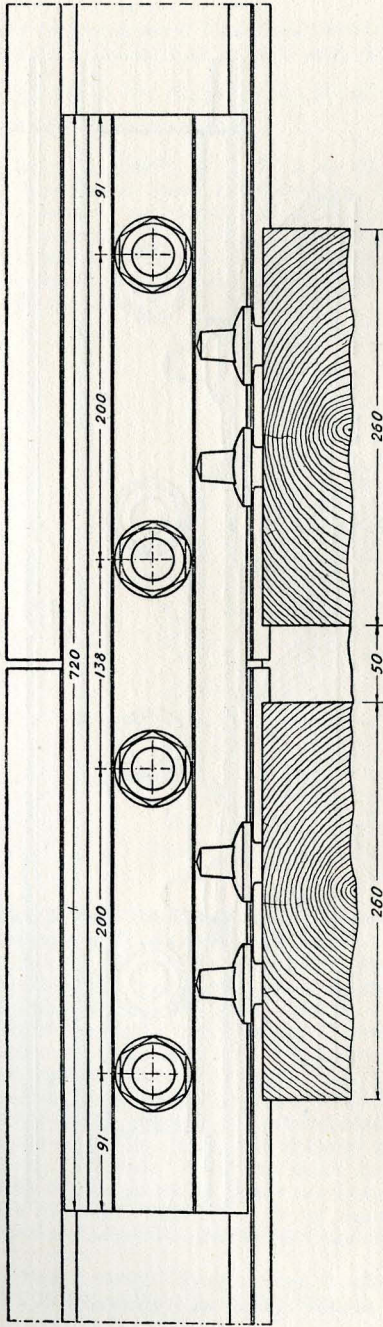


Fig. 68. De danske Statsbaner. Skinnestød for 60 kg Spor (VI).

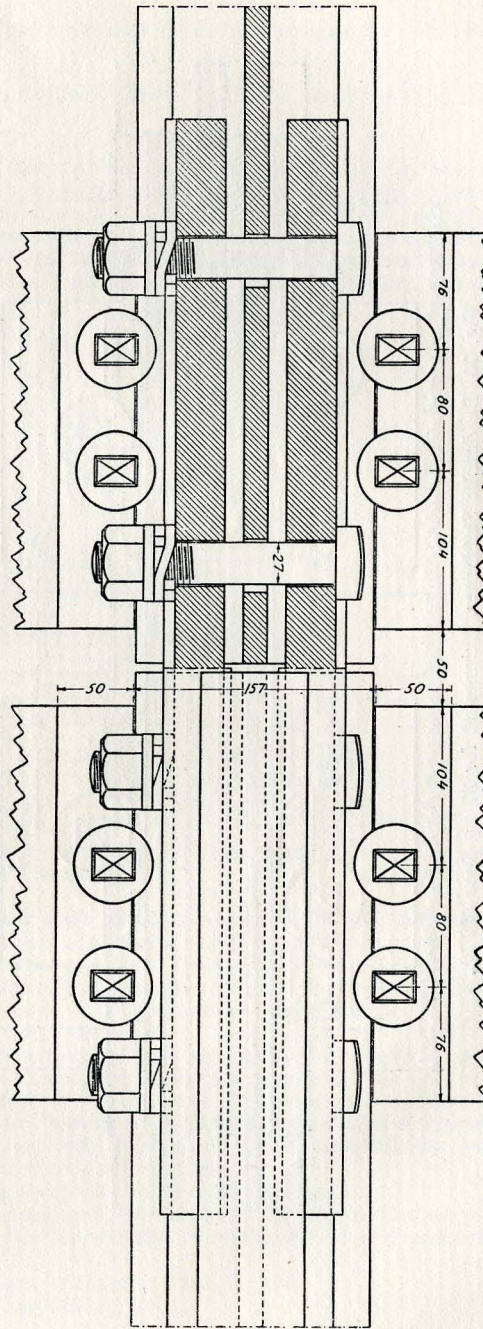


Fig. 69. De danske Statsbaner. Skinnestød for 60 kg Spor (VI). (Tværsnit, se Fig. 48.)

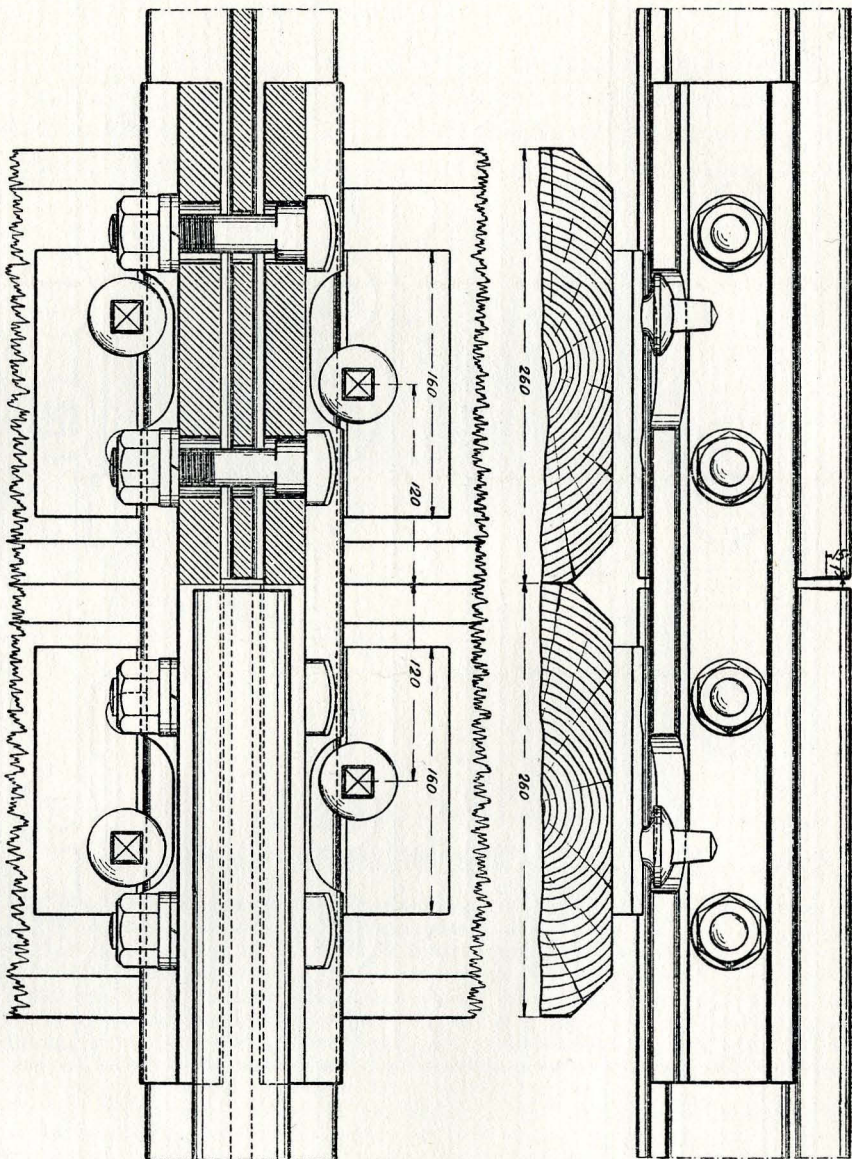


Fig. 70. De danske Statsbaner. Skinnestød for 37 kg Spor (IV B).

Der er fremkommet forskellige Forslag til Stødbroer, men da de ikke er naaet ud over Forsøgsstadiet, skal de ikke omtales nærmere.

Om de af De danske Statsbaner¹⁾ anvendte Stødkonstruktioner skal gives følgende Oplysninger:

Overbygningerne²⁾ III A, IV A og VA har alle svævende Stød med Z-Lasker. Fig. 58—60 viser eksempelvis Stødet i Overbygning VA, der navnlig karakteriseres ved den lange Z-Laske (6 Laskebolte) med de store og ret skarpe Udklinkninger i den vandrette og nederste Laskeflig. Ved Overgangen til B-Spor er for Overbygningerne III og IV ikke foretaget væsentlige Ændringer i Konstruktionen, ud over at Underlagspladerne fik afrundede Huller og Styrekant for den indvendige Side af Skinnefoden, samtidig med at Laskernes Udklinkninger ændredes, saa de passede til Skrueerne.

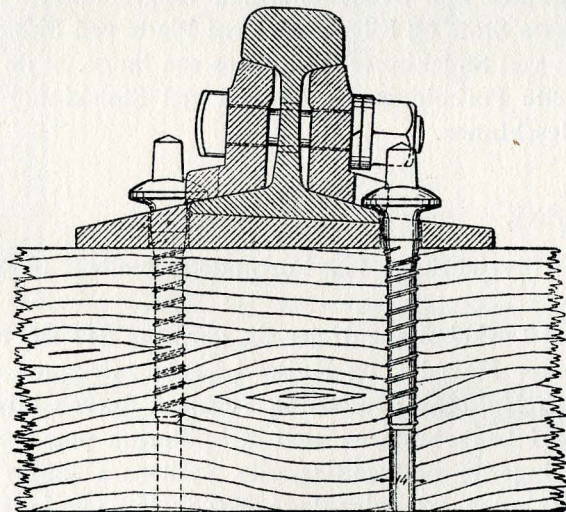


Fig. 71. De danske Statsbaner. Skinnestød for 37 kg Spor (IV B). Tværsnit.

Efter de gode Erfaringer, der var indhøstet ved nogle Aars Anvendelse af koblede Stødsveller i Overbygning VB, bestemte man sig 1925 til at gaa til samme Konstruktion i Overbygning IV B (Fig. 70—71) dog uden Anvendelse af Hageplader, bl. a. fordi Overbygning IV skal være Statsbanernes lettere Overbygning paa sekundære Linier, hvor man ikke vil gaa over til den ret kostbare Konstruktion med Hageplader og Klemplader, som anvendes ved Overbygning V.

Ved den ændrede Overbygning IV anvendes en Vinkellaske.

Stødet ved 45 kg Spor (VC) er formet som et Dobbeltstødsstød med koblede Sveller og en paa begge Sveller hvilende Underlagsplade. Denne er udsparet under Skinneenderne, saa der kan foregaa en fjedrende Nedbøjning af disse. Laskerne er 600 mm lange Fladlasker med symmetrisk Tværsnit og fire cirkelrunde Laskeboltehuller, der fremstilles ved Boring. Laskeboltens Gevindiameter er 24 mm, Hovedet er firkantet og hindrer ved, at det lægger sig an imod Ribberne paa Laskernes Yderside, at Boltene drejer sig, naar Møtrikkerne trækkes an.

Som Sikring anvendes baade for Laske- og Hagebolte dobbelte Fjederringe.

Til De danske Statsbaners 60 kg Skinner anvendes Fladlasker (Fig. 68—69) ens for ud- og indvendige Lasker. For Profilet har man søgt at faa store Inertimomenter saavel om den vandrette

¹⁾ Erik Petersen: Statsbanernes Overbygninger. Ingeniøren 1930, S. 222.

²⁾ I Overbygning I anvendtes Skinner af Vægt 17,5 kg pr. m.

som om den lodrette Akse, det sidste for i Kurver at undgaa vandrette Knæk ved Skinnestødene. Lasken har paa udvendig Side en Fordybning til Styring af Laskeboltens Hoveder under Boltens Tilspænding. Laskeparrets neutrale Akse ligger 74,7 mm over Skinnefodens Underkant, og er praktisk taget sammenfaldende med Skinnens neutrale Akse, der ligger 78,5 mm over samme Linie.

Skinnestødet er et Dobbeltsvellestød, hvor de to Enkeltsveller ligger med et Mellemrum af 50 mm, tilvejebragt ved 50 mm tykke Mellemlodser paa de tre Steder, hvor Stødsvelleboltene gaar igennem. Laskerne er 720 mm lange og tilspændes med 4 Stk. 27 mm Laskebolte med firkantede Hoveder. Der anvendes $6 \times 11 \times 50$ mm dobbelte Spænderinge.

Laskerne fremstilles af Staal med Brudgrænse 50–60 kg pr. mm², og Laskeboltehullerne bores.

Ved Vignolesskinner kan Svelleafstanden vælges mindre end ved Stolskinner, fordi disses Stole og Kiler skal have Plads ved Siden af Laskerne. Og Laskerne kan ved Stolskinner ikke gøres saa lange, at de naar ind over Stødsvelleterne. Dette Forhold er en Mangel ved Stolskinner i Sammenligning med Vignolesskinner.

2. LASKEBOLTENE

Ved Laskebolte tilvejebringes fast Forbindelse mellem Lasker og Skinneender.

For at hindre, at Laskeboltene drejer sig, gør man den Del af Bolteskaffet, der ligger lige under Hovedet, og Hullet i Lasken firkantet (Fig. 72) eller ovalt (Fig. 73), saa Hullerne i Inder- og Yderlask derved bliver forskellige. Boltene ligger fast i Laskehullerne med et Spillerum paa 2–3 mm; det af Temperatursvingningerne nødvendiggjorde Spillerum findes i Hullerne i Skinneenderne, der enten gøres cirkulære eller ovale, saaledes at der i Højden mindst er et Spillerum paa ialt 2 mm, for at der ikke skal finde Berøring Sted mellem Skinnekrop og Skruebolt.

Boltediameteren skal paa Hovedbaner mindst være 22 mm. Hovedet er ofte firkantet, og Møttrikerne har en ca. 7 mm tyk cirkulær Bund, der med sin store Anlægsflade yder god Sikkerhed mod, at Møttriken ryster løs.

Laskebolte kan faa en ret betydelig Vægt. Til De danske Statsbaners 60 kg Overbygning vejer Laskebolten (Fig. 74) 1,292 kg.

Da det er af største Betydning for Sporets gode Vedligeholdelse, at Møttrikerne ikke løsner sig, men at Trækket i Boltene bevares, er det nødvendigt, at Boltene ikke gøres for spinkle, at Møttriker og Skruegevind fremstilles omhyggeligt, og at man ved at anvende Bundmøttriker og Spænderinge holder Møttrikerne fast i deres Stilling.

Ved Spænderinge kan Møttrikerne sikres i enhver Stilling; det er enten enkelte Spænderinge, der holder Møttrikerne i Spænding ved deres Fjeder-

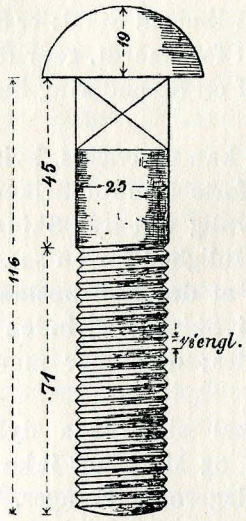


Fig. 72. De danske Statsbaner. Laskebolt til 37 kg Overbygning.

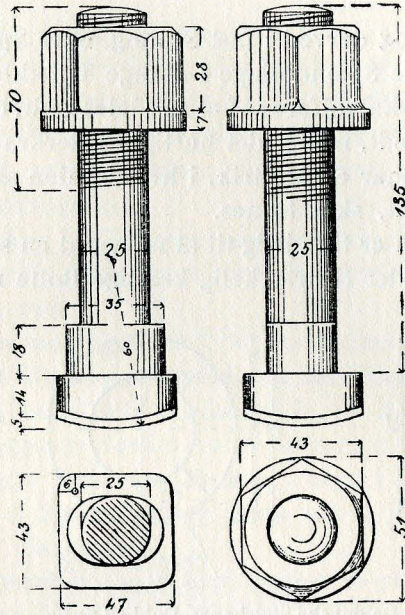


Fig. 73. De danske Statsbaner. Laskebolt til 45 kg Overbygning. (VB).

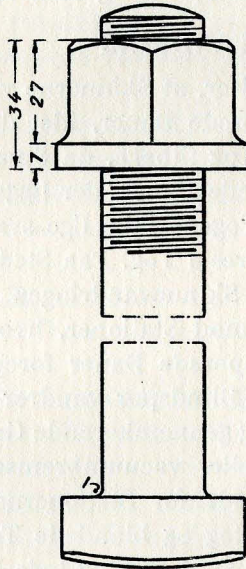
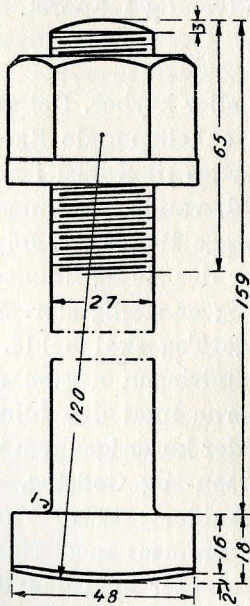


Fig. 74. De danske Statsbaner. Laskebolt til 60 kg Overbygning. (VI).

kraft og derved i fast Stilling, eller Spænderingene er dobbelte (Fig. 75), da enkelte Spænderinge i mange Tilfælde har vist sig utilstrækkelige. Spænderinge skal udføres af et særdeles godt, ensartet, middelhaardt Staal; er Staalet for blødt, mister det hurtigt Fjederkraften, og er det for haardt, gaar det itu, især naar en Møttrik, i hvilken den skarpe Kant af en Spændering har bidt sig fast, skal løsnes.

Man er tilbøjelig til at mene, at en særlig Sikring kan undværes, hvis man anvender tilstrækkelig kraftige Bolte med godt udførte Bundmøttriker.

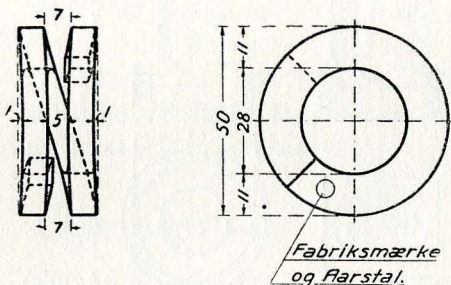


Fig. 75. De danske Statsbaner. Dobbelt Spændering til 60 kg Overbygning (VI).

Der er navnlig ved nye Skinner og nye Lasker Mulighed for en saa stærk Tilspænding, at der kan opstaa store Spændinger i Skinnerne, inden Modstanden brydes; dette bør man søge at undgaa.

Boltene skal sidde saa dybt, at Boltehoveder og Møttriker ikke røres af Hjulbandagernes Flanger, naar Skinnehovedet er afslidt.

Møttrikerne sættes af Hensyn til Eftersyn og Efterspænding som Regel indvendig i Sporet.

§ 15. SKINNEVANDRING

Erfaringen viser, at Skinnerne vandrer eller kryber. Det er især Tilfældet paa dobbeltsporede Baner, idet der paa enkeltsporede Baner foregaar en Vandring frem og tilbage, da Sporet benyttes til Kørsel i begge Retninger. Paa enkeltsporede Baner, der ligger i Fald, vandrer Skinnerne dog ned ad Bakke, og er Togene ikke lige svære i begge Retninger, følger Skinnevandringen de sværeste Tog. Paa Steder, hvor der stadig bremses i en bestemt Retning, følger Skinnevandringen denne og er særlig stor. Skinnerne vandrer ofte ind imod Stationer, hvor mange Tog skal holde.

Paa dobbeltsporede Baner foregaar Vandringen næsten altid i Kørselsretningen. Paa Blindspor vandrer Skinnerne mod den blinde Ende.

Eksprestog og gennemkørende Godstog, der kører igennem uden at bremse eller trykluft- eller vacuumbremsede Person- og Godstog, der som Regel kun bremses indenfor Stationerne, fremkalder mindre Vandring paa fri Bane end Godstog og blandede Tog, der bremses med Haandbremses og holder paa alle Stationer, og hvis Haandbremses maa benyttes langt udenfor Stationerne.

Vandringen paa Stationer er aldrig saa farlig som paa fri Bane.

De to Skinner i samme Spor vandrer undertiden ikke lige hurtigt. I Kurver vandrer Yderskinnen hurtigere end Inderskinnen, hvis Overhøjden ikke er valgt for stor; er Overhøjden for stor, vil Indersiden vandre stærkest. Paa dobbeltsporede Strækninger vil venstre Skinne løbe forud, vistnok som en Følge af Lokomotivets Konstruktion.

Ved Vandringen aabnes eller lukkes Mellemrummene mellem Skinneenderne ved Stødene. I sidste Tilfælde kan stærk Opvarmning derefter give Anledning til Dannelse af Solkurver.

Man har søgt at forklare Skinnevandringen ved, at en Skinne under Belastning af forreste Hjul faar sin Underside strakt, og da Skinnen er ubelastet frem i Bevægelsesretningen, belastet til modsat Side, vil den glide paa den frem i Bevægelsesretningen liggende Svelle. Andre mener, at Skinnevandringen især skyldes den vandrette Kraft fra Hjulenes Slag i Skinne-stødene; og dette bekræftes ved, at et Spor vandrer desto mere, jo større Toghastigheden er, og jo daarligere det ligger.

Skinnevandringen er et meget vanskeligt Punkt ved Sporets Vedligeholdelse. Vandringen foregaar med betydelig Kraft, hvorfor det ofte volder stort Besvær at begrænse den.

Som Middel mod Skinnevandring anvender man Svellernes Modstand mod Forskydning i Ballasten i Sporets Retning, idet man forbinder Skinnerne fast med Svellerne. God Stenballast er et virksomt Middel mod Skinnevandring.

Ved lettere Spor og mindre Togvægt og Kørehastighed nøjes man ofte med at fastholde Skinnestødet, hvor en Forskydning især virker uheldigt. Det er gjort ved i Laskerne at anbringe Huller eller Indklinkninger, i hvilke Befæstelsesmidlerne griber ind, eller ved at lade Laskerne støde an imod Svellerne.

Dette kan blive ødelæggende for Stødkonstruktion og Skinnebefæstelse, ligesom Stødsvellerne alene ikke altid vil kunne optage de store Kræfter, hvorom der er Tale.

Laskerne faar en Tillægsspænding, der kan være uheldig, da de i Forvejen paavirkes stærkt, og det kan ske, at det bliver hele Stødet, der vandrer i Forhold til de andre Sveller.

Ved svære Spor er det nødvendigt at anvende et vist Antal Mellemsveller til Sikring mod Skinnevandring ved midt paa Skinnelængden at anbringe saakaldte Vandreklemmer, der presser mod Svellernes Sider. Den i Fig. 76 viste Kileklemme sidder godt fast paa Skinnen og har den Fordel, at man

bliver fri for at faa flere Bolte og Møttriker at efterse og tilspænde. Kileklemmen er simpel i Konstruktion, billig og let at anbringe; naar Klemmen presses mod Svellen, vil den skraat afskaarne Del af det vinkelformede Stykke gennem Bøjlen kile sig fast paa Skinnen. Der anbringes normalt seks Kileklemmer ved de midterste Sveller paa hver 15 m Skinne.

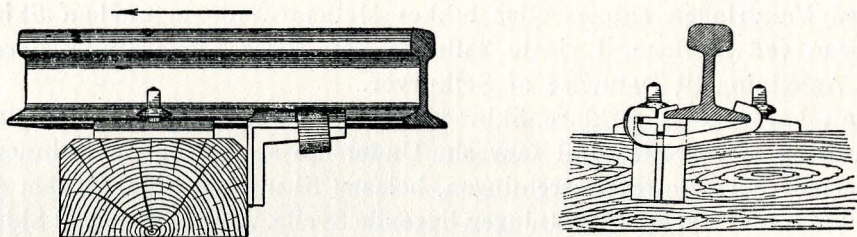


Fig. 76. De danske Statsbaner. Kileklemme.

Vandreklemmer bør anbringes ved de midterste Sveller af Hensyn til Skinnernes Længdeforandringer ved Temperaturændringer.

Benyttes et Spor kun til Kørsel i den ene Retning, skal Klemmerne lægges alle paa den ene Side af Svellerne. I Spor, hvor der køres i begge Retninger, anbringes Klemmer paa begge Sider af de paagældende Sveller.

Den Kraft, der gennem Vandreklemmerne paavirker Svellerne, kan blive saa stor, at der fremkommer Forskydning af Ballasten.

§ 16. BALLASTEN

1. MATERIALET

Jernbaneballastens Opgave er at overføre de gennem Skinnerne paa Svellerne virkende Kræfter til Underbygningen og fordele dem ensformigt over denne, idet der sørges for, at Belastningen pr. Arealenhed af Underbygningen ikke bliver for stor.

Ballasten skal give Sporet et sikkert Leje, holde det tørt, saa Frosten ingen skadelig Virkning faar, og Svellerne ikke for hurtigt raadner.

Ballasten skal hindre, at Sporet sætter sig under Togfærdslen, og ved Understopning skal det igen kunne føres tilbage til rigtig Højde, hvis denne er blevet forstyrret.

Ballasten skal bestaa af stærkt Materiale, være usammentrykkelig, let gennemtrængelig for Vand, bindende og vægtfyldig; den skal være af frostfrit og vejrbestandigt Materiale og være fri for Indblandinger af Ler eller

Jord, der bevirker, at Vandafledningen hæmmes, og Støvdannelsen fremmes. Kornstørrelsen skal være ensartet for at give en tæt Lejring, og for at Trykket kan fordeles regelmæssigt; Kornstørrelsen maa ikke være for stor, fordi det saa bliver vanskeligt at løfte Sporet lidt, og ikke for lille, for at Ballasten ikke skal støve, og den maa ikke være for vanskelig at holde understoppet. De danske Statsbaner sætter for Skærveballast Skærvestørrelsen til 20—75 mm. De enkelte Sten eller Korn skal være skarpkantede af Hensyn til Understopningen.

Der maa ikke i Ballasten være kemiske Bestanddele, der ødelægger Svelter eller Skinner.

Til Ballast bruges Skærver, Singels, Grus og Sand.

Skærver skal være af frost- og vejrbestandigt Stenmateriale og bør ikke indeholde for meget Feldspat. Ikke alle Granitskærver er derfor lige gode. Kalkstensskærver bør ikke bruges. (De danske Statsbaner tillader en Indblanding paa indtil ca. 5%), Lerskifer og lignende heller ikke. Flint i for store Mængder bør undgaas.

Singels er rundkornet og derfor ikke saa godt egnet til Ballast som Skærver; men paa Grund af den store Vægt er det bedre end Grus, der enten er for fint eller ikke skarpt. Knust Ral kan anvendes. For Stenballast af Strandral eller anden glat Ral, der kun er iblandet faa Skærver ($< \frac{1}{3}$) kan det være fordelagtigt at bibeholde en Del af Nøddestenene (6—20 mm) i Ballasten.

Grus skal være skarpkantet og have Korn af nogenlunde ensartet Størrelse; det kan tillades, at der findes enkelte runde Smaasten, men Hovedmassen skal være skarpt Grus. Kornstørrelsen maa ikke gerne være under 3—4 mm, og Indblandingen af Sand maa højst være 10%.

Sand kan anvendes, naar det er skarpt, rent og groft — af Hensyn til Vandafledningsevnen. Sand understoppes let, men det bliver hurtigt løst og maa stoppes efter. Det støver og ødelægger derved det rullende Materiel og generer de Rejsende.

Et ringe Lerindhold i Grus og Sand letter Understopningen, da det virker bindende. Ved Frysning udvider Ballasten sig, og Sporet løftes. Ballasten er derfor løsnet efter Optøningen, saa Sporet bevæges lidt op og ned under

Togets Passage, hvorved Leret udrøres i Vandet og afsætter sig under Svellerne som en Hinde, der holder paa Fugtigheden, saa Udtørringen foregaar langsommere.

Et større Lerindhold indvirker paa Grusets Vandledningsevne og er derfor altid skadeligt, da hurtig Udtørring er en nødvendig Betingelse for, at Træsveler ikke raadner for hurtigt, at Jernsveller ikke angribes for stærkt af Rust, og at Frost ikke virker for uheldigt paa Sporets faste Leje.

Fordelene ved at anvende Skærve- i S. f. Grusballast er: — Skinnernes Paavirkning er mindre. Ved Beregning vil man finde, at Paavirkningen i visse Tilfælde kan blive ca. 20% større ved Grusballast end ved Skærveballast. — Skinnerne skaanes mere overfor Slag i Stødene, men ogsaa overfor andet Slid. — Skinnevandring modvirkes lettere, ligesom Faren for Solkurver formindskes, da Svellerne bider sig bedre fast i Skærver end i Grus. — Svellerne holder længere. — Skærver giver et mere stabilt og sikkert Spor. — Arbejdet ved Vedligeholdelsen bliver mindre. Skærver er vanskeligere at pakke, men Pakningen holder længere. Skærver vaskes ikke bort og kræver betydelig mindre aarlig Efterfyldning. — Skærveballast er i Almindelighed fri for Ukrudt. — Skærveballast støver ikke.

Ulemperne ved Anvendelse af Skærveballast i S. f. Grusballast er: — Skærveballast er dyrere i Anskaffelse. — Svellerne kan delvis blive rundslidt ved Pakningen.

Ulemperne ved Beskadigelse af Svellerne ved Pakning i Skærver vil formentlig i væsentlig Grad ophæves ved Anvendelse af Pakkemaskiner. Ved Paapasselighed ved Fjernelse af Ballast paa Siden af Svellerne før Pakningen, vil denne kunne foretages uden at skade Svellen. Dette gælder baade ved Maskin- og Haandpakning.

Skærveballast anses for mindre heldig, hvor der er megen Frostbevægelse, da Svellerne ved stadig Pakning let kan beskadiges og rundslides.

Støv og Sand fra Grusballast er en ikke uvæsentlig Aarsag til, at Vogne og Lokomotiver løber varme. Endelig kan man, hvor Grusballast ombyttes med Skærveballast, køre hurtigere, uden at Overbygningen iøvrigt ændres.

I Grusballast vil Sporet ligge mindre støt og kræve hyppigere Pakning og Justering. I Tørkeperioder vil Grus holde sig løs og give tilsvarende daarlig Støtte for Svellerne baade i lodret og vandret Retning. I Regnvejr vil Grus, særlig naar det er ældre og mindre rent, blive oplødt og derved bevirke, at Pakningen svigter, og Svellerne særlig ved Stød vil »pumpe«, hvilket i voksende Grad forøger Ulemperne og bevirker, at Ierholdig Undergrund trænger op og forurener Gruset yderligere. Da Svellerne svigter i forskellig Grad, bliver Paavirkningen paa Skinnerne under Trafik ujævn, og Underlagspladerne vil snart æde sig ind i Svellerne, en Ulempe, som især paa stærkt trafikerede Baner nødvendiggør Udbygning af forøvrigt gode Sveller.

Den langt stabilere Pakning, som naas ved Skærveballast, kommer ikke mindst Svellerens Levetid til Gode. I samme Retning virker den Omstæn-

dighed, at Skærveballast leder Vandet bedre bort, saa Svellen holder sig tør, giver bedre Hold for Spiger og Skruer og er mindre udsat for Raad og Revnedannelse. Revnedannelse skyldes for en stor Del Frostsprængninger, som særlig angriber gennemvaaede Sveller, hvis begyndende Sprækker er fulde af Grus. De her nævnte Faktorer lader sig næppe udtrykke i eksakte Tal, men trækker i den Retning, at Sporets Vedligeholdelse bliver mere økonomisk ved Skærve- end ved Grusballast, og dette Forhold bliver mere udpræget, jo ældre Banen bliver.

En fremtrædende Ulempe ved Grusballast er Ukrudtet og Grusets Evne til at holde paa Fugtighed; dernæst at Grus i Regnvejr ikke har saa god Bæreevne.

Naar Grus er fint, har man, især i regnfulde Somre, vanskeligt ved at holde Skinnestødene oppe. I Skærver har man ikke denne Vanskelighed.

Man har undertiden delt Ballasten i to Lag af forskellig Beskaffenhed; det underste dannes som et Paklag af store Skærver eller Stenstykker, der let leder Vand, og som kan fordele et stort Tryk over Grunden, men ikke nemt kan understoppes. Til det øverste Lag, der mindst skal være 100 mm tykt under Svellerne Underkant for at kunne understoppes, kan enten anvendes Grus eller Skærver. Paklaget lægges paa lignende Maade som paa Landeveje og afrettes med et Lag fuldstændig rene, vejrbestandige 30—50 mm Skærver. Paklagets Overflade skal være vandret, saa de mindste Paklagssten maa lægges i Banens Midte. Paklagets Tykkelse kan være 15—20 cm.

Som Paklag kan man bruge et Lag groft Grus eller skarpt grovkornet Sand.

Jo stærkere et Spor belastes, desto mere maa man sørge for, at Ballasten er af god Beskaffenhed og stadig i god Stand, thi heri ligger et af de sikreste og simpleste Midler til at holde Sporet i Orden. Dette har ført til stigende Anvendelse af Skærveballast.

Under Svellerne bliver Ballasten uigennemtrængelig for Vand, fordi dens blødere Dele knuses, mindre under Togfærdslen end af Stoppehakkerne, og danner Slam sammen med de jordagtige Bestanddele, der allerede findes i Ballasten, eller som efterhaanden arbejder sig op fra Underbygningen. Ved Tværsvelleoverbygning hindres Afvandingen ikke herved, da den kan foregaa imellem Svellerne.

Hvor man anvender mangelfuld Ballast med ringe Gennemtrængelighed for Vand, maa man sørge for en passende overjordisk Vandafledning. Ved Grusballast gøres det ved Tværgrofter i Ballastens Overside; hvor den træ-

des sammen i Overfladen af gaaende Færdsel i Sporet, kan Rivning med en almindelig Rive være formaalstjenlig.

Naar Grusballast skal erstattes med Stenballast, gøres det paa den Maade, at Grusballasten enten fjernes, eller ved at en Del af den bevares som Underlag, idet den fordeles jævnt over Flanum i hele dettes Bredde. Der foretages maaske en Løftning af Sporet, saa Stenballastlaget faar en mindste Tykkelse under Svelleunderkant af 180 mm. En saadan Løftning er dog ikke altid mulig ved faste Bygværker som Jernbanebroer, Vejoverføringer, Perroner m. m. Overgang fra en løftet til en ikke løftet Del af et Spor skal ske ad Overgangsramper, der ikke bør have stærkere Fald end 2,0 ‰.

2. UNDERSØGELSE AF BALLAST

Det er Understopningen af Ballasten, som skader den mest.

Dette er paavist ved Undersøgelser i Laboratorier med saa nøjagtig Kopiering som muligt af Forholdene paa Linien. Man lod 30—70 mm Skærver udsætte for skiftende Tryk paa 4,2 og 0,25 ts, svarende til største og mindste lodrette Tryk fra et rullende Hjul paa en Svelle. Skærverne blev udsat for ca. 2½ Million saadanne skiftende Tryk, saa mange som Ballasten kan være udsat for paa en Hovedbane i Løbet af 4 Aar. Der anvendtes to Skærvesorter, Basalt og Jurakalk. Efter Forsøget kunde man for begge Sorter konstatere en ubetydelig Knusning. Imidlertid viste det sig, at een Gang grundig Pakning gav betydelig større Knusningstab, nemlig for Basalten ca. 10, og for Jurakalken ca. 20 Gange saa store Værdier. Knusningen af Skærverne skyldes saaledes i overvejende Grad Pakningen.

Det vil være af stor økonomisk Betydning at bruge bedste Sort Ballast. Men Vanskeligheden har navnlig været, at man har manglet sikre Holdepunkter for Bedømmelse af Ballastmaterialet.

De fleste tidligere Forsøg gik ud paa en Undersøgelse af Trykstyrke, Haardhed, Modstandsevne mod Pulverisering og Slagstyrke (Sejghed).

Det har vist sig, at Trykstyrken ikke har større Betydning. Endnu mindre vigtig er Modstandsevnen mod Pulverisering og Haardheden, mens derimod Slagstyrken har afgørende Betydning. Det er de Slag, Skærverne udsættes for under Stopningen, som er Aarsagen til, at Ballasten med Tiden ødelægges. Har der dannet sig ca. 50 % Fliser, Grus, Sand og Støv, er Ballasten ikke mere gennemtrængelig for Vand og derfor ubrugelig. Da der til Ballast ikke bruges Sten, som ikke er vejr- og frostbestandige, er Stenballastens Levetid alene afhængig af Slagstyrken, og de forskellige Bjergarters Brugbarhed til Jernbaneballast kan saaledes bedømmes alene efter deres Slagstyrke eller Sejghed.

Det har vist sig, at store Skærver (60—70 mm Tværmaal) er 40 % mere slagfaste end mindre Skærver (30—40mm). Ved Prøvningen maa derfor Udgangsmaterialet have samme Kornsammensætning.

Ved Prøvning af Ballast undersøger man Knusningsgraden, og jo mindre denne er, desto større er Slagstyrken.

Der er betydelig Forskel mellem de forskellige Stensorter, men desuden kan Slagstyrken ogsaa variere betydeligt for samme Stensort. Gennemsnitsværdier kan derfor ikke benyttes, men hver enkelt Stensortlokalitet maa prøves og bedømmes for sig.

De Stensorter, der vil finde Anvendelse som Ballast ved Jernbaner, maa forekomme saa vidt muligt rent, altsaa uden Indlæg af Lag, som ikke kan bruges, og desuden maa Materialet være samlet i større Mængder med tilstrækkelig Mægtighed. Forholdene for Brydning og Transport maa være gunstige. Især er Transportspørgsmaalet vigtigt, og Brudet maa derfor ligge nær Jernbane og i bekvem Højde i Forhold til denne. Man vil søge at holde sig til de mest brugbare og de almindeligst forekommende Stensorter.

Til Anvendelse som Ballast kan især følgende Bjergarter komme i Betragtning: Gabro, Diabas, Kvartsit, Gnejs, Granit, Syenit og Porfyr og sidst Kvartsitskifer, Hornblendeskifer, Sandsten og Kalksten.

Det fremgaar af afholdte Forsøg, at Stensorten ikke er afgørende for Brugbarheden. Uheldige geologiske Forhold paa Forekomststedet kan gøre, at det paagældende Stenbrud ikke er brugbart. Der kan f. Eks. være mange Sprækker, der ofte ikke er synlige, men kan mærkes paa, at Stykker, som udsættes for Slag, gaar itu.

En Granit eller en Gnejs, som er stærkt gennemtrukket med saakaldte Pegmatitaarer eller Gange er ubrugelig. Pegmatit er grovkrystallinsk Granit, som let falder sammen til en grov grusagtig Masse, naar den udsættes for Slag. Den er heller ikke modstandsdygtig mod Frost. Der maa derfor foretages en fagmæssig Besigtigelse af Forekomsten, før man træffer endelig Afgørelse om, hvor Stenene skal brydes.

Hos Bjergarter som Kvartsitskifer, Hornblendeskifer, Sandsten, Kalksten og en Del Gnejser vil Anvendeligheden være stærkt afhængig af, hvor fremtrædende Skifretheden og Lagdelingen er. En Stensort, der spaltes let efter Lagplanet, og Lagene er tynde, kan ikke bruges. Under Knusningen fremkommer da tynde pladeformede Stykker, som vanskeligt lader sig pakke sammen og let knuses. En god Ballast skal især bestaa af tilnærmet kubiske Stykker. Ballast af Kalksten og Sandsten bør ikke bruges i Hovedspor.

Ved en foreløbig Bedømmelse af en Stensort, er det ikke nødvendigt, at man kender Navnet paa Stensorten, men man bør have Kendskab til visse Egenskaber, som skiller gode Sten fra daarlige Sten.

En god Sten har lys Klang og er kompakt. Den er haard og vanskelig

at slaa i Stykker, og tynde Hjørner og Kanter er vanskelige at brække af. Strukturen er ensartet, og Brudet jævnt. Naar man tager paa den, føles den ru og fast; er den derimod fedtet og blød, er det Tegn paa daarlige Egenskaber. Man skal desuden være opmærksom paa tilstedeværende Skifrethed og Lagdeling og bør undersøge, om den let spaltes ved Slag.

Ved De danske Statsbaner er hele Banenettet, med enkelte Undtagelser, anlagt med Grusballast, hvis Kvalitet ofte har været mindre god — for stærkt lerblandet, for ringe Kornstørrelse, ikke tilstrækkelig skarpkantet. Resultatet har været daarlig Vandafledning og Vanskeligheder ved at holde Sporet understoppet. Fra 1914 begyndte man at indføre Stenballast paa Hovedbanerne, saaledes at de fleste Hovedlinier nu er forsynede med Stenballast.

Stenballast leveres væsentligst fra danske »Stengrave«, d. v. s. Grusgrave med et saa stort Indhold af Sten, at det kan betale sig at frasortere disse og knuse dem til Skærver; men da disse Sten ofte er smaa, vil der i Ballasten indgaa en Del Singels. For Singelsindholdet sættes i Reglen en højere Grænse. I Stengravene findes endvidere ofte Flint, der ikke egner sig til Ballast, da Flinten knuses ved Understopningen. For Flintindhold i Ballast fra disse Stengrave sættes en højeste Grænse paa 40%. Rene Granitskærver er leveret fra Bornholm og Sverige, og saa vidt muligt vil man søge at skaffe Granit til de vigtigste Hovedlinier.

Om Virkningen af Mineralkornenes Størrelse kan siges, at visse grovkornede Bjergarter har mindre Styrke. Meget grovkornede Graniter, der især bestaar af Feldspat, har haft ringe Styrke, og ingen finkornede sunde Graniter findes blandt de daarligste Bjergarter. Mineralkornenes Størrelse spiller en stor Rolle for Styrken, hvis da ikke de undersøgte Stenarter er forskellige i anden Henseende. Det er ikke muligt at afgøre, om den iagttagne Forskel i Styrke beror paa Mineralkornenes Størrelse eller paa den mineralogiske Sammensætning.

Bjergarternes Styrke beror paa Styrken af de Mineralkorn, der indgaar i dem. Stor Styrke har især Kvarts, noget mindre Feldspat. Hornblende er ikke saa haard som Kvarts men har stor Sejghed. Svagere er Glimmer og fremfor alt forvitrede Mineraler. Det maa ventes, at glimmerrige Bjergarter har ringe Styrke, især da Glimmer ofte optræder som Blade, der danner Brudlinier. Man kan vente, at Bjergarter, rige paa Kvarts eller Hornblende har stor Styrke. Uhomogene Bjergarter har i visse Tilfælde mindre Styrke end homogene Bjergarter, der bestaar af samme Mineral. Porfyr af en Type med tæt Grundmasse, og i hvilken de grovere Krystaller er faa-tallige, hører dog til de stærkeste Bjergarter.

Den Maade, hvorpaa Mineralkornene er føjede sammen, indvirker paa Bjergarternes Styrke. Hvis Mineralkornene er afgrænsede mod hverandre ved glatte og regelmæssige Overflader, maa man vente, at Styrken bliver mindre, end hvis Mineralkornene har større eller mindre Ujævnheder og griber ind i hverandre.

2. PRØVEMETODER

Styrken af et Stenmateriale kan undersøges paa to forskellige Maader. Den ene Metode bestaar i at undersøge Styrken af, af Stenen udsavede Tærninger, Bjælker eller Cylindrer. Den anden Metode bestaar i Knusningsforsøg med Skærver, hvorved maales, hvor meget Skærverne knuses ved et paa standardiseret Maade udført Knusningsarbejde. Den første Metode giver udelukkende Oplysning om Bjergartens Styrkeegenskaber og har den Fordel, at den er knyttet til en ellers indenfor Materialprøvningen almindelig Fremgangsmaade; men den er ikke fyldestgørende til Bedømmelse af en Skærve- eller Singelssorts Egnethed til Vej- og Jernbanebygningsformaal, da bl. a. god Modstandsevne mod Tryk hos et Materiale ikke altid følges af god Modstandsevne mod Slag hos de Skærver, der er fremstillet af Materialet. Stenmaterialets Kornform virker paa Trykstyrken. Af visse Stenmaterialer, som Natursingels, er det ikke muligt at udtage Trykprøver.

Af disse Grunde prøver man Stenmateriale i den Stand, i hvilken det skal anvendes. Til saadan Undersøgelse er blevet anvendt Faldhammere og roterende Tromler, hvori Knusningen udføres af Staalkugler. Begge Metoder har Fordele og Mangler. Knusning med Faldhammer anvendes i Kjøbenhavn i den polytekniske Lærestalts Laboratorium for Vej- og Jernbanebygning.

I den polytekniske Lærestalts Laboratorium for Vej- og Jernbanebygning prøves Stenmaterialers Sprødhed med en Faldkammer, der anvender elektrisk Drivkraft. Maskinen er forsynet med Tælleværk og kan indstilles til normalt at slaa 20 Slag (Tabel 1).

Tabel 1.

	Statens Væginstitut og den polytekniske Lærestalt lille Prøvemaskine	Den polytekniske Lærestalt svær Prøvemaskine	Din 2109
Slagantal	20	50	20
Faldhammers Vægt	14 kg	50 kg	50 kg
Vægt af Staalstempel mellem Faldhammer og Stenmateriale	4 kg	findes ikke	plan
Faldhammerens Underside	plan	Formet som 4 »Stophakker«. Morteren roterer	
Faldhøjde	{ indtil 75 cm normalt 25 cm	50 cm	50 cm
Diameter af Staalmorter	10 cm	20 cm	17 cm
Højde af Stenmateriale i Staalmorter	—	16 cm	—
Mængde Stenmateriale, der prøves ..	500 g	5 l	2,1 l

Staalmorteren, hvori Prøvematerialet anbringes, er af almindeligt Kulstofstaal.

Udføres Prøven med Materiale med varierende Størrelser f. Eks. 0,5—16 mm, faar man uensartede Resultater af forskellige Prøver af samme Materiale; derfor anvendes som Regel Fraktionen 8—11,3 mm.

Skal man f. Eks. prøve Skærver 30—60 mm i Laboratoriet, knuses Skærverne forinden til en saadan Størrelse, at der kan udtages en Fraktion 8—11,3 mm.

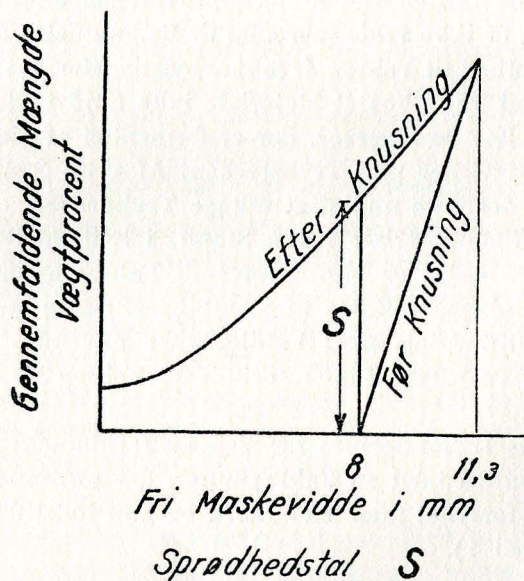


Fig. 77. Sprødhedstallets Bestemmelse.

Sprødhedstallet s defineres for denne Fraktion som den Vægtmængde i % af Materialet, der efter Knusningen er mindre end 8 mm (Fig. 77).

Er s mindre end 50 %, anser man Materialerne for gode, og er s mindre end 40 %, for udmærkede.

Den polytekniske Lærestalts Laboratorium for Vej- og Jernbanebygning har desuden en svær Prøvemaskine, hvis Konstanter ligeledes findes i Tabel 1. I denne Maskine har det Materiale, der prøves, Størrelsen 30—60 mm.

Materialerne prøves, som de leveres fra Graven, idet dog alt, hvad der maatte være under 30 mm, frasigtes.

Der anvendes ikke Paasætter, men Faldhammeren falder direkte ned i Stenmaterialet. Mellem hvert Slag drejes Morteren for Haanden 36°.

Maskinen er ret primitiv. Den bestaar af to Skinner, der er fastgjort i lodret Stilling, saa de danner Styring for en 50 kg Faldklods. Ophejsningen af Faldklodsens sker ved et Spil, der drejes med Haandkraft. Udløsningen sker mekanisk. Tælleapparat findes ikke.

Efter Knusningen bestemmes Vægtmængden af Fraktionerne: 0 — 1: f_0 , 1 — 3: f_1 , 3 — 7: f_2 , 7 — 15: f_3 , 15 — 30: f_4 , og derefter bestemmes Forringelsen:

$$\left(\frac{2,0 \times f_0 + 1,6 \times f_1 + 1,2 \times f_2 + 0,8 \times f_3 + 0,4 \times f_4}{a} \right) \cdot 100 = n\%$$

hvor a er Vægtmængden inden Knusningen, og 2,0, 1,6 o. s. v. er Devalueringsfaktorer (Fig. 78).

For en Normalballast af Basalt med en Forringelse paa 18,3% beregnet som ovenfor, sættes Godhedstallet = 100, og Godhedstallet for den undersøgte Ballast er da $= \frac{18,3}{n} \times 100$.

Om Sammenhængen mellem Godhedstal og Ballastens Egnethed kan oplyses følgende:

- Godhedstal
- 73 Eget til alle Spor undtagen paa Baner med over $V = 120$ km/T.
 - 60 Eget for Spor af underordnet Betydning.
 - 65 Eget til alle Spor undtagen paa Baner med over $V = 120$ km/T.
 - 100 Eget til alle Spor.
 - 80 Eget til alle Spor.

Paa en svær Prøvemaskine blev paa Statsprøveanstalten i Stockholm i 1939 udført Knusningsforsøg for Statens Järnvägar.

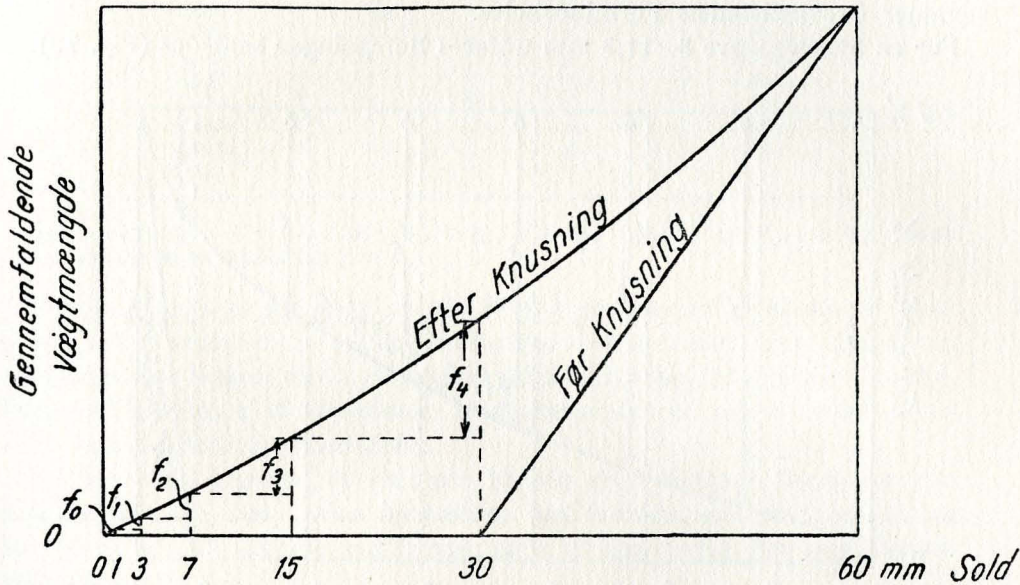


Fig. 78. Materialets Forringelse ved Knusning.

Prøvningen blev udført for en kunstig fremstillet Blanding bestaaende af:

- 0,7 l af Kornstørrelserne 30–40 mm Ø
- 0,7 l - " 40–50 mm Ø
- 0,7 l - " 50–60 mm Ø

Mængderne blev udtaget ved Vejning og Beregning paa Grundlag af forud bestemt Volumenvægt.

Efter Prøvningen sigtedes Materialet paa en Sigte med 0,2 mm Huller og paa Sold med 1 mm, 3 mm, 10 mm og 30 mm Huller, og Søndersplitringsgraden blev beregnet saaledes:

$$F = \frac{500}{100} - \left(\frac{a + b + c + d + e}{100} \right)$$

altsaa jo større F er, jo daarligere Ballast¹⁾.

Tabel 2.

Sold henholdsvis Sigte med Maskevidde.	Vægtprocent som ikke passerer Sigte eller Sold	
	før Slagprøven	efter Slagprøven
30 Ø	100	a
10 Ø	100	b
3 Ø	100	c
1 Ø	100	d
0,2 Ø	100	e
	500	$a + b + c + d + e$

¹⁾ Sigter har firkantede Huller, Sold cirkulære.

Der er i D.S. 401 angivet saavel en Maskine til Prøvning af store Skærver som en Maskine til Prøvning af Smaaskærver. Maskinen til Prøvning af store Skærver svarer til Din 2109 (Tabel 1) og til Smaaskærver til den polytekniske Lærestalts mindre Maskine.

Bedømmelsen af Skærvernes Kvalitet sker i Danmark ved, at man bestemmer Grovhestallets Formindskelse.

For en Skærveprøve 8—11,3 mm udføres Beregningen saaledes (Fig. 79).

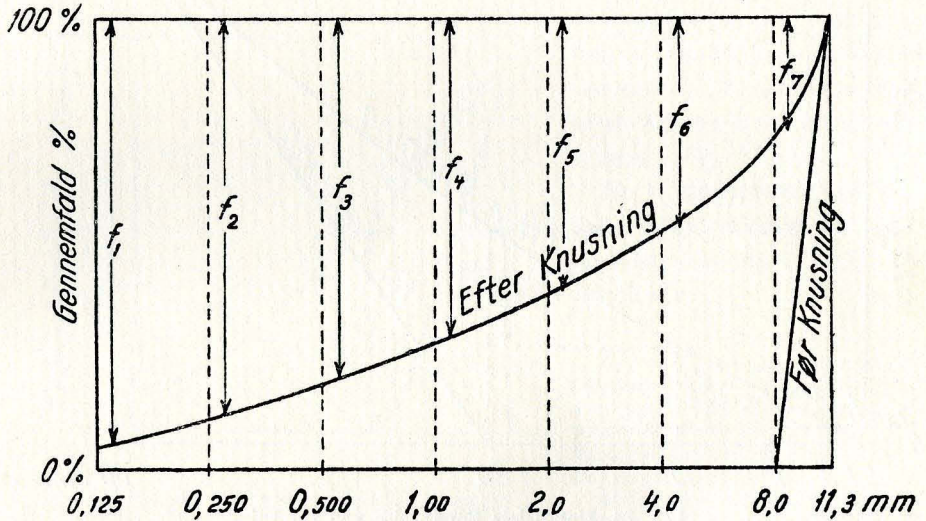


Fig. 79. Grovhestallets Formindskelse.

Tabel 3. Grovhestal før Knusning.

Maskevidde	Multiplikator	Mængde grovere end Sigten %	Multiplikator × Mængde
0,125	0,5	100	50
0,250	1	100	100
0,500	1	100	100
1,000	1	100	100
2,000	1	100	100
4,000	1	100	100
8,000	0,75	100	75
11,300	0,25	0	0
			625

Grovhestal 6,25.

Tabel 4. Grovhedstal efter Knusning.

Maskevidde	Multiplikator	Mængde grovere end Sigten %	Multiplikator × Mængde
0,125	0,5	f_1	0,50 f_1
0,250	1	f_2	1,00 f_2
0,500	1	f_3	1,00 f_3
1,000	1	f_4	1,00 f_4
2,000	1	f_5	1,00 f_5
4,000	1	f_6	1,00 f_6
8,000	0,75	f_7	0,75 f_7
11,300	0,25	0	

Grovhedstal = $g = (0,50 f_1 + 1,00 f_2 + 1,00 f_3 + 1,00 f_4 + 1,00 f_5 + 1,00 f_6 + 0,75 f_7) : 100$.
 Grovhedstallets Formindskelse 6,25 — g .

Man har foretaget sammenlignende Forsøg med Beregning af saavel Grovhedstallets Formindskelse som Sprødhedstal og har fundet meget god Overensstemmelse mellem de to Metoder, saaledes at man faar samme Rækkefølge for Kvaliteten af Materialer, hvad enten der udregnes Sprødhedstal eller Grovhedstals Formindskelse.

Det kan ikke paavises, at den ene Metode giver rigtigere Resultater end den anden. Man bør derfor foretrække den Metode, som er simplest, og som giver mindst Arbejde ved Beregningen og har derfor ofte valgt Sprødhedstallet s .

Foruden Grovhedstal bestemmer Statens Væginstitut i Stockholm et *Flisighedstal* f . Bestemmelsen sker ved Hjælp af Stavsigter (Harper). Flisigheden bestemmes hos en vis Fraktion, ofte 8—11,3 mm.

Et Stenkorn har i Reglen 3 udprægede Dimensioner: Længde, Bredde og Tykkelse. Gennem Sigtning fastsættes det næststørste Maal eller Bredden. Gennem Harpning faar man den mindste Dimension eller Tykkelsen. Jo større Bredden er i Forhold til Tykkelsen, des fladere og flisigere er Stenen.

Hvis Bredden kaldes b og Tykkelsen h , er Forholdet $\frac{b}{h}$ et Maal for Flisigheden. Hvis dette Maal tages ud fra den Højde i Sigtediagrammet, hvor 50 % passerer, faas Forholdet $\frac{b}{h}$ for den gennemsnitlige Kornstørrelse, og dette Forhold kan betegnes som Materialets Flisighedstal f . Egentlig burde Hensyn ogsaa tages til Længden, men denne har i Sammenligning med

Tykkelsen meget lille Betydning, hvorfor den angivne Metode turde være den bedst mulige til med enkle Midler at bestemme Flisigheden.

Tallet f nærmer sig 1, naar Kornformen nærmer sig kubisk Form. Jo fladere Materialet er, des større bliver Tallet. Hvis Tallet eksempelvis er 1,32, betyder dette, at Bredden i Gennemsnit er 32 % større end Tykkelsen.

Af det logaritmiske Sigtediagram kan $\frac{b}{h}$ maales direkte, som det fremgaar af følgende:

$$f = \frac{b}{h};$$

heraf $\log f = \log b \div \log h$.

I det logaritmiske Diagram i Fig. 80 er den horizontale Afstand mellem Kurverne = $\log b \div \log h$.

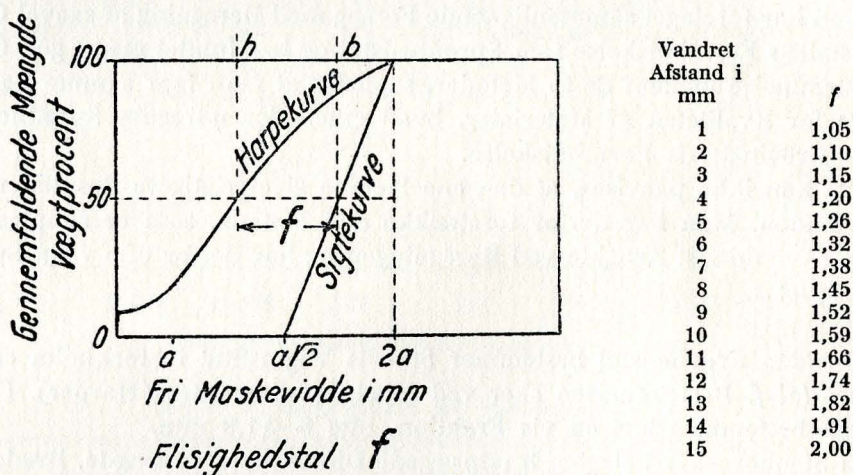


Fig. 80. Flisighedstallets Bestemmelse.

En bestemt Afstand i mm svarer til et bestemt Flisighedstal. Herover er udarbejdet en Tabel svarende til de af Statens Væginstitut benyttede Sigtediagrammer.

Man regner, at Flisigheden skal være under 1,4, for at Materialet skal kunne betegnes som godt.

Det skal bemærkes, at der er Sammenhæng mellem Sprødheden og Flisigheden, saaledes at man af to Prøver af samme Materiale med forskellig

Flisighed vil finde større Sprødhed hos det, der har den høje Flisighed og mindre Sprødhed hos det, der har den lave Flisighed.

4. BALLASTENS KOMPRIMERING

Understopning er det største, vigtigste og vanskeligste Arbejde ved Overbygningens Vedligeholdelse. Sporets Beliggenhed, Slid og Levetid afhænger af Understopningens Godhed. Det er en Mangel ved Stopningen, at Skærverne slaas i Stykker, og Svellerne beskadiges; Resultatet af Stoppearbejdet afhænger af Mandskabets Duelighed og Kræfter og er derfor uens; Arbejdet er anstrengende, haardt og kun egnet for kraftige Mennesker.

I Stedet for Understopning har man nogle Steder anvendt Skovling. I Begyndelsen af 1920'erne har man ved at indføre særlige Maaleinstrumenter forbedret Skovlingen¹⁾ saaledes, at denne Metode kan give en meget nøjagtig Beliggenhed af Sporet.

Fordelene ved Skovling fremfor Stopning er:

Der kræves mindre Arbejdstid. — Der kan arbejdes med mindre Arbejdshold. — Skovling er et lettere Arbejde end Stopning med den svære Stoppehakke. Der kan derfor anvendes mindre kraftigt Mandskab og alligevel naas samme Resultat. Indarbejdning af nye Arbejdere er lettere ved Skovling end ved Stopning. — Den Mangel, der fremkommer ved ujævn Stopning falder bort. — Den ved Kørslen fastbanede Ballast forstyrres ikke. Stødene ligger fastere. Ved Stopning giver efterhaanden de mellem hinanden forkilede Skærver efter som Følge af Rystelserne ved Kørslen. — Skærverne slaas ikke i Stykker. — Det er muligt at anvende mindre godt Skærvemateriale. — Svellerne beskadiges ikke. — Slidet paa Værktøj og Redskaber er mindre.

Ikke ethvert Spor egner sig til Skovling, saa Stopning ikke helt vil blive fortrængt. Betingelsen for, at man kan anvende Skovling er, at Svellerne ligger godt, og at Ballasten er ren og gennemtrængelig for Vand. Skovling kan ikke anvendes, hvor Spor og Ballast skal fornyes ved Udveksling af et stort Antal Sveller, ved Sporjusteringer med Forskydninger eller Løftninger paa mere end 30 mm, ved væsentlig Ændring af Overhøjden i Kurver og ved leret eller ellers eftergivende Underbygning. Stopning maa anvendes saa længe, indtil Svellerne er kommet i Ro og ligger fuldstændig fast. Efter at Ballasten er blevet fornyet, kan man tidligst det næstfølgende Aar anvende Skovling, efter at Sporet Aaret før endnu engang er blevet grundigt understoppet.

Som Forberedelse til Skovling skal Sporet maales, d. v. s., at den nøjagtige Beliggenhed af Sporet skal bestemmes i belastet og ubelastet Stilling. Først søger man at finde, hvilke Sveller der ligger løse og trykkes ned, naar Sporet er belastet.

Med en Synkningsmaaler maales, hvor langt de løse Sveller trykkes ned

¹⁾ Railway Gazette ³/₂ 1939.

under Belastning. Den er indrettet til automatisk at angive Nedtrykningen. Maalet i mm skrives med Kridt paa Svellen. Det er ikke nødvendigt at stille en Synkningsmaaler op for hver løs Svelle, idet i en Række saadanne kun nogle enkelte maales, og Resten skønnes.

Til Maaling i ubelastet Tilstand bestemmes Synkningen mellem de høje Punkter ved et særligt Nivellerapparat, og for ikke at faa Resultaterne unøjagtige, anvendes en Sigtelængde paa højest 25—30 m. Som Regel løftes Sporet ved den første Skovling 10 mm, og ved følgende Skovlinger 5 mm over de høje Punkter.

Summen af de med Nivellerapparat og Synkningsmaaler fundne mm skrives paa Skinnefoden. Disse Tal angiver den Skærvemængde, der paa begge Sider af Skinnen skal anbringes under Svellen. For de ikke indmaalte Sveller interpoleres mellem to Nabsveller.

Skovling udføres som Regel Dagen efter Maalingen. Derved udgraves Svelfelderne som vist i Fig. 81.

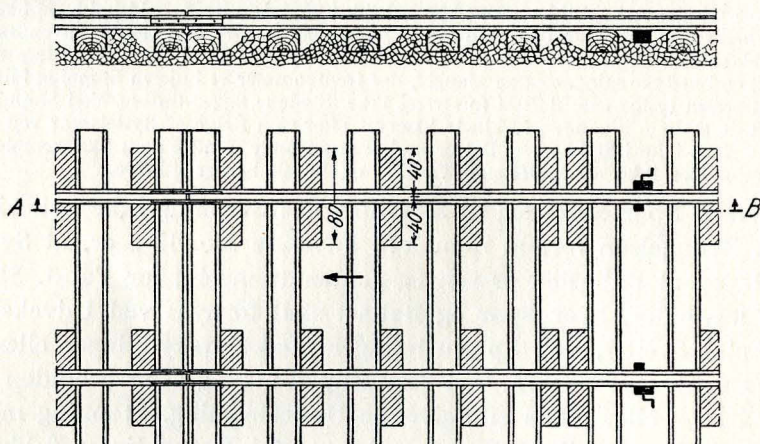


Fig. 81.

Paa dobbeltsporede Strækninger lægges de mod Kørselsretningen liggende Svellesider fri. Koblede Sveller ved Stødene lægges fri paa begge Sider. Der arbejdes i Togenes Kørselsretning, for at Toget ikke skal køre mod det løftede og ikke endnu fast paa Lejet liggende Sporaftsnit men fra det allerede færdige Afsnit ind paa det nyfremstillede, hvorved Sporet presses ensartet ned paa Svellelejet. Donkraftene anbringes i Afstande paa ca. 6 m, for at Sporet kan løftes regelmæssigt til Underfyldning ca. 4 cm.

Skærverne, i Størrelse $\frac{10}{25}$ mm skal være skarpkantede og fri for Støv og fordeles i Forvejen i nødvendig Mængde paa Linien. De tages med Maaleskovle og fyldes i en Kasseskovl, der er forlænget med tre flade Skinner, der kan glide ind under Svellen, naar Skovlen bevæges frem og tilbage, saa Skærverne fordeles jævnt under Svellen.

Naar det første Tog er kørt over et underskovlet Spor, ligger dette endnu uregelmæssigt; den endelige Plads faar Sporet først, efter at flere Tog er kørt over det. Er der efter tre Dages Forløb endnu Uregelmæssigheder, fjernes de ved Skovling under enkelte Sveller.

I Stedet for Understopning ved Haandarbejde har man anvendt Sporstoppemaskiner. En saadan er vist i Fig. 82.

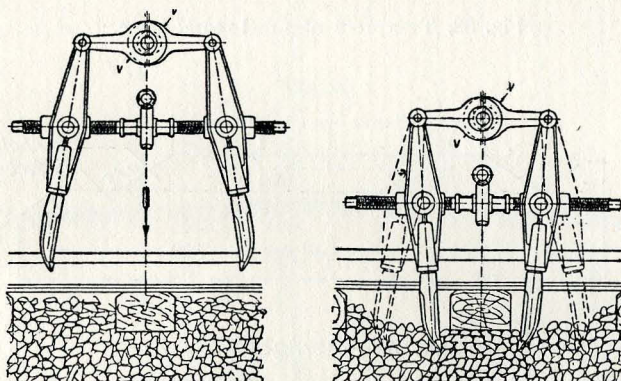


Fig. 82. Sporstoppemaskine.

Den kører paa Sporet og skal kunne stoppe Sporet automatisk og ensartet tæt uden Fare for at slaa Skærverne itu. Der er 8 Par Stoppearme ved Siden af hinanden, der ved en Excentrik sættes i raske Svingninger med ringe Udslag. Excentrikakslen drives af en paa Køretøjet anbragt 50 HK Fordmotor, der ogsaa trækker Køretøjet. Stoppearmene sænkes under Svingninger i Ballasten, og nærmes langsomt til Svellerne. Naar man har naaet en bestemt Stopningsgrad, bliver Momentet, der virker paa Excentrikakslen, saa stort, at den udløses, saa Føreren kan se, at han kan gaa til næste Svelle.

§ 17. TVÆRPROFIL AF BANELEGEME OG OVERBYGNING

En Jernbanes Planum er Jordlegemets Overflade (*abc*) mellem Skraaningskanterne *a* og *c*; paa den hviler *Ballastprofilet* (1, 2, 3, 4). Overfladen

(2,3) af Ballastprofilen er *Banekronen*; Længden af den gennem Svelleoverkant lagte Linie (*de*) mellem dens Skæringspunkter med de forlængede Jordskraaninger er *Kronebredden* (Fig. 83).

Ballasttykkelsen er den lodrette Afstand fra øverste Punkt *b* af Planum til Oversiden af Svellen.

I Fig. 84—86 er vist De danske Statsbaners Profiler af 1944.

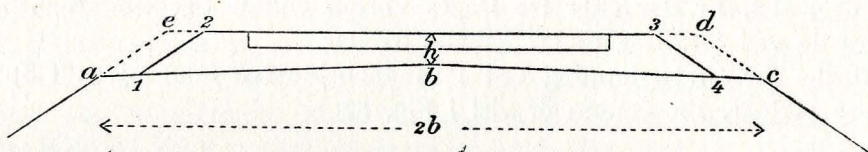


Fig. 83. Tværprofil af enkeltsporet Bane.

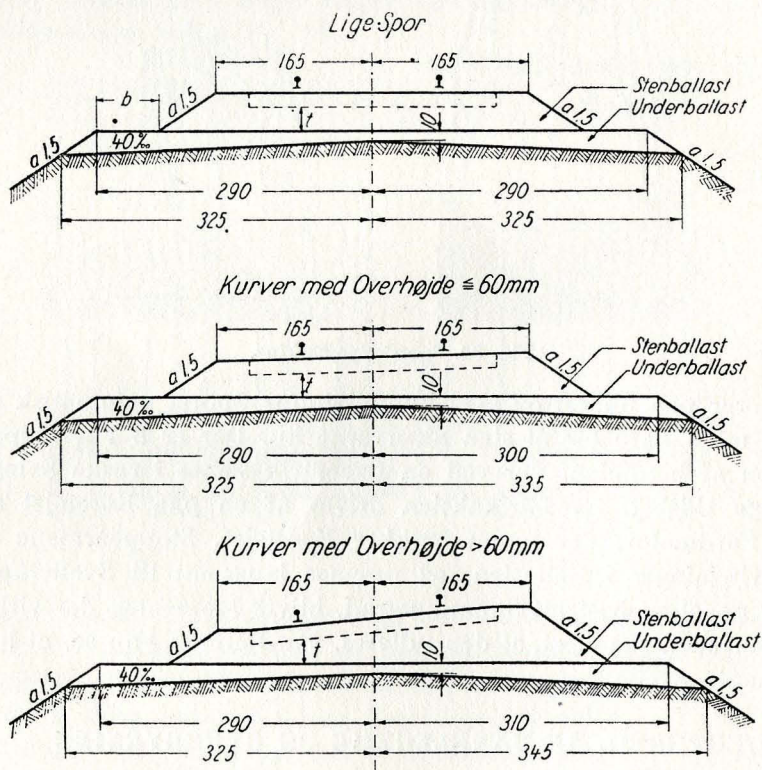


Fig. 84. De danske Statsbaners Normalprofiler af 1944 for nye enkeltsporede 1. og 2. Kl. Hovedbaner. For 1. Kl. Hovedbaner $t = 30$, $b = \text{ca. } 55$, for 2. Kl. Hovedbaner $t = 25$, $b = \text{ca. } 65$.

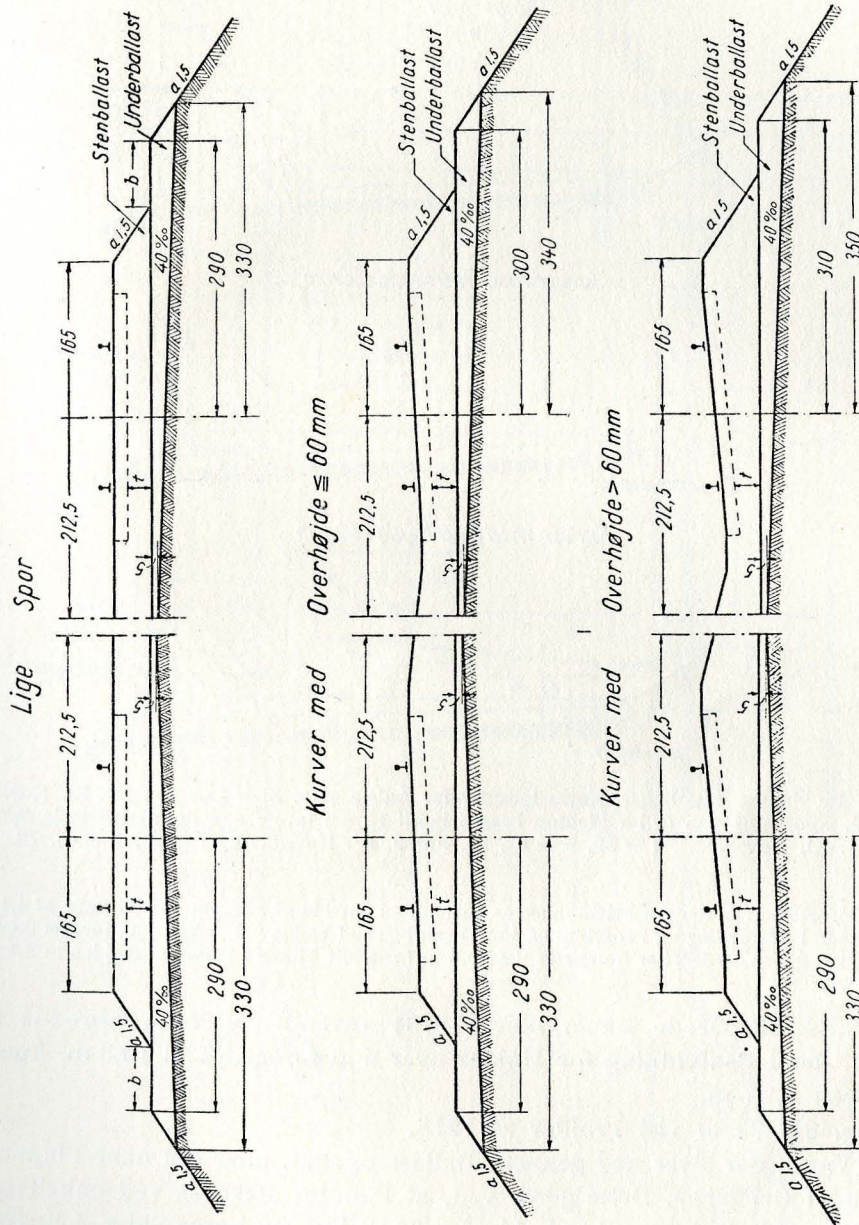


Fig. 85. De danske Statsbaner. Normalprofiler af 1944 for nye dobbeltsporede 1. og 2. Kl. Hovedbaner. For 1. Kl. Hovedbaner $t=30$, $b=ca. 55$. For 2. Kl. Hovedbaner $t=25$, $b=ca. 65$.

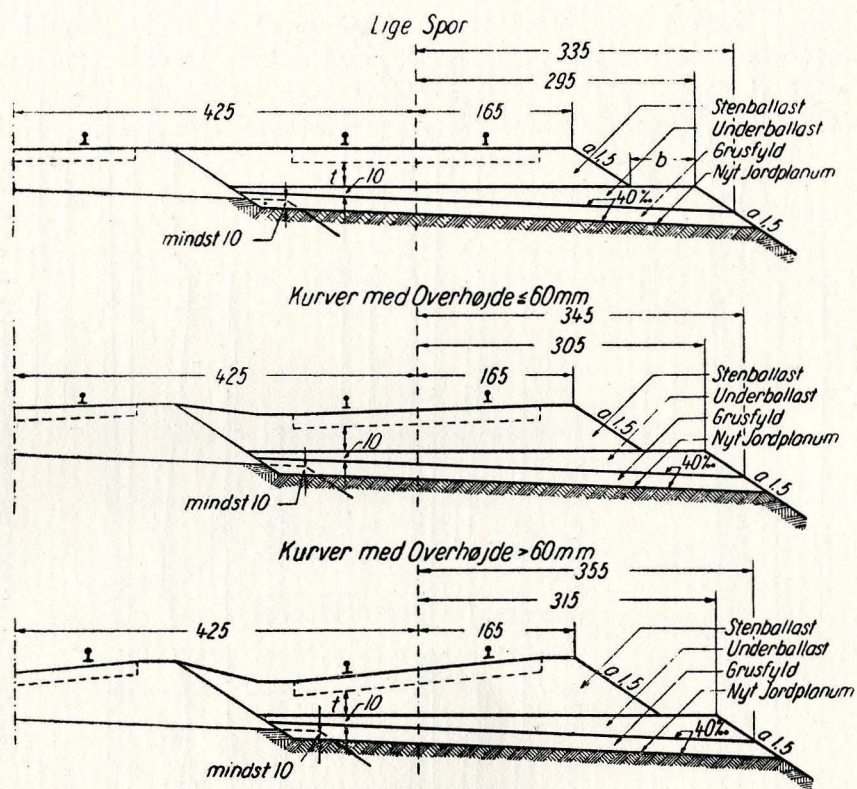


Fig. 86. De danske Statsbaner. Normalprofiler for Anlæg af 2. Spor paa 1. og 2. Kl. Hovedbaner. 2. Spor kan paa fælles Planum lægges indtil 15 cm lavere end det eksisterende Spor. For 1. Kl. Hovedbaner $t = 30$, $b = \text{ca. } 60$. For 2. Kl. Hovedbaner $t = 25$, $b = \text{ca. } 70$.

Paa normalsporede danske Privatbaner er anvendt en Bredde af Planum paa fri Bane af 4,1—4,5 m baade i Afgravning og Paafyldning. For Dæmninger af Højde 2,5 m har man forøget denne Bredde med 0,5 m og derefter fremdeles med 0,5 m for hvert Tillæg i Dæmningshøjden af 2,5 m (Fig. 91).

For dobbeltsporede Baner blev (1918) anvendt en Planumbredde af 9,60 m, der i Paafyldning for Højder over 5 m forøgedes til 10,3 m. Sporafstanden 4,25 m.

I Fig. 87—90 er vist Profiler af 1918.

Det Vand, der siver ned gennem Ballasten, skal, naar det naar Planum, ledes ud i Grøfterne. Dette gøres ved, at Planum afskraas ved enkelt- og dobbeltsporede Baner med et Fald af 1:30 til 1:25 til begge Sider. I Kurver med Radius mindre end 1000 m anvendes en ensidig Afskraaning, for at

De danske Statsbaner anvender en mindste Grøftedybde paa 350 mm; Bundbredden er normalt 500 mm, men kan undtagelsesvis indskrænkes til 350 mm. Iøvrigt skal Grøfternes Dybde og Tværsnit bestemmes saaledes, at det Vand, Grøfterne kan komme til at føre, ikke vil kunne stige højere end til ca. 200 mm under Planumskanten.

Paa Privatbaner i Danmark anvendes en normal Grøftedybde paa 300 mm og en Bundbredde paa fri Bane paa 250—300 mm, paa Stationer paa 300 mm.

Faldet paa Grøfterne skal for rent Vand være mindst 2‰ , for urensset Spildevand mindst 5‰ . Grøfternes Bund og Sider stensættes, hvor Faldet er 100‰ , og hvor Faldet med stadig Vandføring er større end 50‰ . Grøfter langs Paafyldninger lægges i en Afstand fra Paafyldningernes Fod af mindst 0,60 m. Langs begge Sider af Banen reguleres med jævnt Fald mod Banegrøften en Jordstrimmel af Bredder mindst ca. 0,60 m.

Skraaningsanlægget er normalt 1,5 og Skraaningerne beklædes i en Tykkelse af mindst 0,10 m.

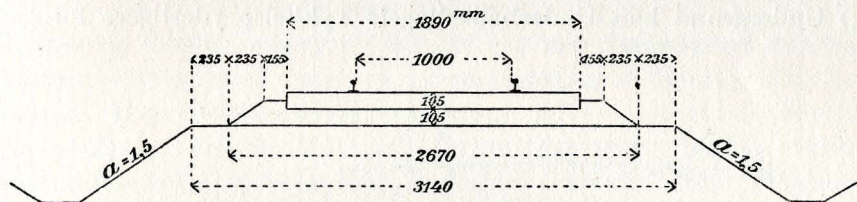


Fig. 92. Skagensbanens ældre Profil.

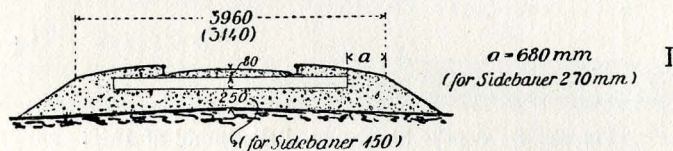


Fig. 93. De danske Statsbaner. Ældre Ballastprofil.

Paa flersporede Baner kan man ikke lede Vandet bort fra Planum alene ved den omtalte Afrygning; for at Ballasttykkelsen ikke skal blive for stor, ordnes Vandafledningen i dette Tilfælde, ved at to og to Spor samles paa en fælles Ryg, og i Dybdelinien mellem saadanne to Rygge lægges en Drænlødnng med Fald i Banens Længderetning; denne Drænlødnng faar Højde- og Dybdepunkter, og fra disse sidste ledes Vandet gennem Tværdræn ud til Grøfterne.

Paa Stationspladser udføres Vandafledningen fra Planum paa lignende Maade.

Meget vigtigt for Sporstrukturen er Ballastprofilets Form.

Det i Fig. 93 viste Profil har været anvendt paa nogle af de ældste jyske Statsbaner; det er senere blevet noget indskrænket, saa Afstanden a (for 2,6 m Svellerlængde) blev sat ned til 560 mm, idet Ballasttykkelsen under Svellerne samtidig blev forøget til 285 mm. De danske Statsbaner anvendte

efter 1911 det i Fig. 94 viste Normalprofil, der i 1918 blev ændret, saaledes som Fig. 95 viser. Overskydende Ballast kan enten lægges over Svellerne, saa man altsaa faar Profil II eller for Enden af Svellerne (punkteret i Fig. 95).

Statsbanernes Ballastprofil for Hovedbaner fordrede 25 cm Ballasttykkelse under Svellerne Underkant. Det har imidlertid vist sig, at denne Tykkelse er for ringe til, at Ballasten kan fordele Togbelastningen jævnt over Planum. I 1928 blev indført et nyt Ballastprofil for Hovedbaner med en Tykkelse af 35 cm under Svellerne, idet de nederste 10 cm lægges som et Underballastlag af Grus, Slagger eller lignende. I Tilfælde af daarlig (lerholdig) Undergrund kan Underballastlagets Tykkelse yderligere forøges.

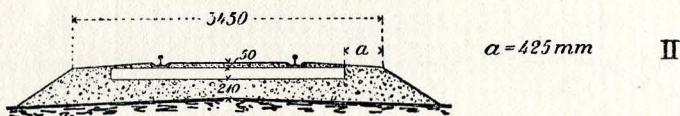


Fig. 94. De danske Statsbaner. Ballastprofil af 1911.

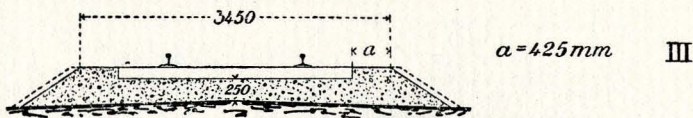


Fig. 95. De danske Statsbaner. Ballastprofil af 1918.

I Fig. 84—86 er vist De danske Statsbaners Ballastprofiler af 1944.

Ballastlagets Tykkelse skal forøges i vaade Udgravninger paa Strækninger med blød Undergrund, og hvor man kan vente, at der vil fremkomme Væld eller Frostbuler i Sporet; denne forøgede Tykkelse maa eventuelt tilvejebringes ved Sænkning af Planum.

Man regner med, at en Ballasttykkelse af 600 mm under Svellerne giver Sikkerhed mod Opskydninger af Undergrunden. Et Sandlag under det egentlige Ballastlag kan erstatte en forøget Ballasttykkelse.

Paa normalsporede danske Privatbaner har man anvendt en mindste Tykkelse af Ballastlaget under Svellerne paa 160 mm og en mindste Afstand fra Svelleenden til øverste Ballastkant paa 155 mm.

§ 18. SPORLÆGNINGSARBEJDER

1. FORBEREDENDE ARBEJDER

Før Sporlægningsarbejdet paabegyndes, afsættes Sporet i Højde og Retning. Den tidligere Udstikning er i Hovedsagen gaaet tabt, men da en Del

Fikspunkter kan findes, bliver denne nye Udstikning lettere end den første.

Er det en ny Bane, der skal bygges, faar man de enkelte Dele af Overbygningen som Skinner, Sveller og Forbindelsesdele leverede ved Banens Endepunkter, der kan være en Havn eller en Jernbanestation paa en eksisterende Banelinie, eller paa mellemliggende Punkter, der ligeledes kan være en eksisterende Jernbanestation eller Steder, der staar i Vejforbindelse med en Havn eller en Jernbanestation. Hvor Overbygningen skal leveres, maa man sørge for at have Areal til Oplagsplads. Leveringsstederne kan ligge i 10—15 km indbyrdes Afstand.

Skinner og Sveller oplægges i det Fri saa nær Læssesporet som muligt, Skinnerne parallelt med dette, paa Tværunderlag af Skinner eller Sveller, tæt sammen, med Skinnehovederne opad, og de indvalsede Mærker til samme Side. De enkelte Skinnestabler mærkes med Antal og Skinneart, idet hver Skinneart og Skinnelængde lægges i særlig Bunke. Stablingen af Skinnerne skal foretages saaledes, at Luften kan stryge mellem de enkelte Lag, hvorved Rustdannelse paa Skinnerne modvirkes. Svellerne lægges i Bunker paa 100 eller 50 Stk.

Ved Aflæsning kan Træsveller kastes, Skinner derimod ikke.

Forbindelsesdelene (Bolte, Skruer, Spiger m. m.) leveres i Tønder eller Kasser, der paa Leveringsstedet skal opbevares i aflaaede, tørre Rum.

Underlagsplader og Lasker lagres i Stabler hvilende paa et Underlag af ældre Sveller.

De danske Statsbaner forlanger, at Skinnerne under Transport i Banevogn skal stables i Lag adskilt ved Tværstrøer af Planker, ældre Sveller eller lignende. Det underste Lag understøttes, hvis Skinnerne læsses paa en Langvogn, i to Punkter, der ligger i en Afstand af ca. $\frac{1}{6}$ Skinnelængde fra Skinneenderne. Læsses Skinnerne over to Vogne, skal de enten hvile paa Vrideskamler eller paa to solide Tværstrøer, een midt i hver Vogn og maa ikke lægges helt op mod Vognsiderne.

2. SPORLÆGNING

Naar nyt Spor skal lægges, udkøres først saa megen Ballast, at man kan planere den med Overfladen i Højde med Underkant af Svellerne og i fuld Bredde. Denne Ballast køres paa Arbejdssporet; findes et saadant ikke, tillader man i særlige Tilfælde, at det endelige Spor lægges straks direkte paa Underbygningen og derefter benyttes til Udkørsel af Ballast. Ballaste-

ringen skal følge hurtigt efter Sporlægningen, og Kørslen paa det uballasterede Spor skal ske med Forsigtighed og med lette Lokomotiver. Holdes Lokomotivet bagest i Toget, vil man i nogen Grad kunne formindske Paa-virkningen paa det uballasterede Spor.

Svellerne udlægges derefter i omtrent de rigtige indbyrdes Afstande. Naar der er udlagt Sveller til en Skinnelængde, rettes Svellerne ind efter Sporets Midte og den nøjagtige Svelledeling.

Ved Sporlægning arbejdes i Hold. Et Hold paa 15 Mand er passende, og man kan maaske regne, at der lægges 2,5—2,7 m Spor pr. Mand pr. Arbejdstime.

Derefter lægges Underlagspladerne ud paa Svellerne, og Forbindelsesdelene fordeles. Paa Tværsveller af Træ kan Underlagsplader med Hage maaske allerede før Svellerne lægges ud, men helst kun for den ene Skinnestreg, skrues fast med den Svelleskrue, der ikke griber over Skinnefoden.

Naar Sveller og Underlagsplader er bragt paa Plads, lægges Skinnerne ud, i samme Skinnestreg saa vidt muligt med Valsemærket til samme Side, for at mindre Skævheder i Valseprofilen ikke skal hindre Fremstilling af en jævn Kørekant.

Skinner kan læsses af Vognene over disses Ende eller ud til Siden; de maa ikke kastes ned, men skal enten nedfires ved Hjælp af Kraner (dette gøres altid ved Skinner med større Længde end 15 m), føres enkeltvis ned over Siden af Vognen, idet de glider paa to skraat stillede Ledeskiner og langsomt affires ved Hjælp af to Taljer, eller trækkes enkeltvis paa langs ud over Enden af Vognen og slidskes eller løftes ned.

Efter Aflæsning skal Skinnerne rejses paa Foden; de maa ikke hvile paa hinanden eller lægges i Grøfterne eller inde i trafikeret Spor.

Skinner bæres i Skinnetænger, der kun kræver en ringe Løftning. Hver Tang bæres af to Mand, og man kan regne, at 4 Mand med disse Tænger kan bære 300 kg.

Skinnerne lægges ofte paa særlige Træklodser og ikke direkte paa Underlagsplader eller Tværsveller, da dette eventuelt kunde vanskeliggøre en Længdeforskydning af Skinnerne og navnlig en Forskydning af Svellerne. Hver Skinne lægges paa 3 Klodser. Skinnefoden skal af Klodserne løftes op over Svellerne, saa disse kan forskydes til alle Sider.

Derefter lægges Skinnerne paa deres endelige Plads, idet de skydes saa nær ind imod de foregaaende, at der kun bliver det fastsatte Temperatur-spillerum imellem dem. Dette Spillerum sikrer man ved Indlægning af det saakaldte Skinneblik, der skal blive siddende, indtil Sporet har faaet sin

rigtige Plads i Retning og Højde; dette kan regnes at være Tilfældet, naar de 8—10 følgende Skinnelængder er spigrede (skruede), rettede ind og — hvis der er Ballast til Stede — een Gang understoppede. Blikkene skal sættes ind fra Skinnens Yderside, saa Vogne kan køre hen over dem.

Sporet skal rettes nøjagtigt ind, efterhaanden som Sporlægningen skrider frem. Gøres dette ikke, faar man ødelagt Temperaturmellemmene i Stødene. Sporet skal understoppes godt, inden der køres paa det nylagte Spor. Som Regel er Planum ujævnt, og Skinner og Lasker bliver let ødelagt, saafremt ordentlig Understopning ikke udføres.

Laskerne sættes derefter paa Plads og forbindes med de to yderste Laskebolte, hvis Møttriker kun trækkes løst an, for at der kan være nogen Bevægelse af Hensyn til Sporets Justering. Før Laskerne anbringes, skal de og Skinnerne paa Anlægsfladerne renses for Rust, Sand og Snavs og derefter smøres med Grafit paa Anlægsfladerne.

Spigring (eller Skruning) af Svellerne kan nu paabegyndes.

Træsveller med paaskruede Hageplader løftes med Haanden saa meget, at Hagerne kan skydes ind over Skinnefoden, hvorpaa Svellerne fastgøres. Man begynder med Stødsvellerne og tager derefter Mellemsvellerne i den ene Skinnestreg, og først saa fastgøres den anden Skinnestreg, idet man stadig lægger et Spormaal paa.

Hvor der anvendes aabne Underlagsplader, maa Træsvellen løftes saa meget, at den udvendige Svelleskrue næsten kan skrues helt ind.

Før at man ved Tværsveller af Træ kan faa den rigtige Sporvidde, maa man ved Boringen af Svellerne tage Hensyn til de Unøjagtigheder, der fremkommer ved Valsningen af Skinnerne og ved Fremstillingen af Underlagsplader og Svelleskruer.

Svelleskruer indskrues af kun een Mand med de foreskrevne Nøgler; Brug af Hammer er forbudt. Før Indskruningen skal Svelleskruerne dypes i Tjære, eller Hullerne udgydes med Tjære. Er de borede Huller for smaa, eller anvendes der for stor Kraft ved Indskruningen, kan Svelleskruerne bøjes, saa man ikke faar den rigtige Sporvidde.

Anvendes Skinnespiger, maa man ved hvert Sømsted under hele Inddrivningen af Spigrene trykke Svellen fast op imod Skinnen. Skinnespigrene skal slaas lodret ned. Skinnen maa ikke beskadiges, og Hovederne ikke slaas af Spigerne.

Mens den anden Skinnestreg spigres, bør der ikke alene ved Sømstedet, men ogsaa ved de nærmeste Stød lægges Spormaal paa.

Naar Skinnerne er forbundne med hinanden og med Svellerne, skal Sporet bringes op i rigtig Højde, rettes nøjagtigt ind, og Svellerne understoppes. Træklodserne fjernes, og Understopningen udføres, først for Stødsveller og derefter for Mellemsveller. Tværs over Skinnerne lægges ved Afsætningspælene Sigtebrædter, og et andet Sigtebrædt lægges skiftevis paa ved Skinnestødene og ved Skinnemidterne for at vise, om det paagældende Sted skal løftes eller sænkes. Sporet løftes som Regel ved Hjælp af Vugtebomme, og det rettes ind ved Vægtstænger, der stemmes mod Svelleenderne. Der maa ikke slaas hverken paa Sveller eller Skinner. Idet Sporet løftes, skovles og stoppes Ballast ind under Svellerne.

Ballasteringen bør følge lige efter Spørlægningen, enten der bruges Grus eller Skærver.

Det angives ofte, at man ved Løftning af Stødene bør benytte Donkraft; samtidig med at Stødene løftes, maa man løfte den foranliggende Skinnemidte med Donkraft, for at ikke Laskerne skal ødelægges, bøjes eller briste. Begge Skinnestrengene bør løftes samtidig.

Sporets Godhed afhænger af, at Understopningen udføres paa rette Maade, saa Ballasten kommer til at afgive en jævn fast Hvileflade for Svellerne.

Svellen stoppes først under Skinnen, derpaa fra denne udefter og mod Svellemidten.

Det bedste Leje for Svellen naas, naar den bliver understoppet samtidig af 4 Arbejdere, saaledes at to og to stopper mod hinanden.

Naar Sporet er stoppet færdigt, fjernes Skinneblikkene, de endnu manglende Laskebolte stikkes i, og Møttrikerne trækkes fast an. Sporet kan nu benyttes af Arbejdstog, idet fremkommende Mangler stadig rettes, og naar det derefter viser sig, at der kun i ringe Grad skal stoppes efter, tilføres den endnu manglende Ballast, og det fastslaaede Ballastprofil fremstilles.

Skinner, der skal benyttes i Kurver i Hovedspor med Radius paa 300 m og derunder, bøjes paa Maskine. En saadan Maskine er forholdsvis kostbar og forudsætter Adgang til elektrisk Drivkraft. De lange Skinner bøjes ikke paa Grund af Skinnematerialets Elasticitet, idet Krumningen kan tilvejebringes ved Fastspigringen eller Fastskruningen paa Svellerne.

3. SPORETS VEDLIGEHOLDELSE

Skinner udveksles, hvor der viser sig Brud, Længderevner, Beskadigelser af Hovedet og lignende, der udsætter Driften for Fare. Naar Afslidningen

af Skinnerne paa en Banestrækning nærmer sig Grænsen for det tilladelige, maa man overveje, om der bør foretages en fuldstændig Ombygning af det paagældende Spor. Dette bør gøres, naar Halvdelen af de oprindeligt lagte Skinner er udvekslet, for stærkt trafikerede Baner endda, naar $\frac{1}{3}$ eller $\frac{1}{4}$ er udvekslet, da Slidet paa et Spor vokser stærkt med Antallet af udvekslede Skinner. Der bør til Udvekslingen ikke bruges nye Skinner, men helst Skinner i samme Afslidningstilstand som de Skinner, der ligger i Sporet.

I England¹⁾ med dets stærke Benyttelse af Banerne er Skinnernes Levetid paa de store Hovedlinier fra 5 til 15 à 20 Aar. Er Levetiden under 4 Aar, erstatter man alene Skinnerne.

Skal et Spor ombygges med et sværere Skinneprofil, bør man tilstræbe at fremstille en sammenhængende Strækning forstærket Spor, selv om man derved maa medtage mindre Sporstrækninger, der endnu i nogen Tid vilde kunne gøre Fyldest. Benyttes ved Ombygningen samme Skinneprofil, bør de mest medtagne Sporstrækninger først ombygges.

Træsveller udveksles, naar de ikke mere har den fornødne Modstandsevne. Sveller, der er raadne indvendig, kan man kende paa den dumpe Lyd, de giver ved Slag med en Hammer.

En Gang aarlig bør samtlige Sveller efterses, og kassable Sveller udveksles. Naar enkelte Sveller skal udveksles, fjernes Ballasten omkring dem, og de trækkes ud efter Længden. Forinden ældre brugelige Sveller paany indlægges i Sporet, skal de gamle Spigerhuller renses og fyldes med Pløkke, dyppede i Tjæreolie.

Det anbefales at udveksle samtlige Sveller, naar 30 % af Svellerne i et Spor trænger til Udveksling. En saadan fuldstændig Udveksling bør forbindes med en Fornyelse af Ballasten.

Lasker, der spænder imod Skinnekroppen, gør ikke tilstrækkelig Nytte, og skal derfor veksles ud, med mindre de kan bringes til at spænde i Laskekammeret ved Indlægning af Vinkelblik af blødt Jern mellem Laskekammer og Laske.

Knækkede Underlagsplader fjernes. Spigerrester trækkes ud af Svellen, og Hullet tjæres og pløkkes. Spiger maa ikke drives ned i gamle pløkkede Huller. Spiger, der er gaaet løse, drives ned, og Svelleskruer strammes.

Spor i Stenballast kan holdes justeret hele Aaret rundt, idet det er muligt, selv i Frost, at arbejde i Stenballast.

I Grusballast kan man derimod først arbejde, naar Frosten er af Bal-

¹⁾ L'entretien de la voie en Angleterre. Revue Générale 1939, I, S. 477.

lasten. Saasart dette er Tilfældet, skal den foreløbige Udbedring af Sporet paabegyndes.

Den egentlige Udbedring af Spor saavel i Sten- som i Grusballast paabegyndes, saa snart Frosten om Foraaret er af Jorden. Ved denne Udbedring skal Sporet bringes i rigtig Stilling og om muligt i rigtig Højde.

Om Ballastens og Underbygningens almindelige Vedligeholdelse gælder, at man bør sørge for, at Vandafledningen er i Orden. Er Planumskanten i Tidens Løb blevet for høj, maa den graves af; er de sædvanlige Banegrøfter ikke tilstrækkelige til Afvanding i vaade Gennemskæringer, fordybes Grøfterne, hvis Sporet ikke kan løftes ved Anbringelse af et nyt Ballastlag.

Grøfter og Afløb oprenses om Efteraaret, for at Vandet kan have frit Løb ved Tøbrud.

I de foreskrevne Maal for Sporvidden vil der kunne tillades en som Følge af Sporets Brug fremkommet Forøgelse af Sporvidden af indtil 10 mm og en Formindskelse af indtil 3 mm.

Ved Sporets Vedligeholdelse maa man have Opmærksomheden henvendt paa Skinnevandringen.

Hvor det har vist sig, at Sporvidden forandres, maa man søge at finde Aarsagerne hertil, hvis man vil opnaa en varig Forbedring af Forholdene.

Forandringer i Sporvidden kan fremkomme ved, at Skinnerne forskydes til Siderne paa Svellerne, fordi Befæstelsesmidlerne rokkes løse, ved at Skinnerne bøjes eller drejes, ved at Skinnehovedet slides for meget af, ved at Sporudvidelse eller Overhøjde er afsat forkert, eller endelig ved at Akselafstanden paa stivakslede Vogne er for stor. Disse Forandringer i Sporvidden bør snarest afhjælpes.

Sideforskydninger af hele Sporet forekommer især paa lange retliniede Strækninger og ved Overgang mellem ret Linie og Kurve. Sporet bringes paa Plads ved Kastning med Vugtebom.

Det kan under Driften blive nødvendigt at forstærke en Overbygning, enten fordi Trafiken er vokset, Kørehastigheden eller Lokomotivernes Hjultryk er blevet større. Man kan maaske udskyde Tidspunktet for Udveksling af Skinnerne ved at lægge flere Sveller ind, indlægge bredere og maaske koblede Stødsveller, forny Befæstelsesmidlerne o. lign.

Naar Lokomotiver kører med stor Hastighed i en Kurve, fremkommer der Sidekræfter, hvis Størrelse har faaet større og større Betydning.

Hvis en Kurve er tilstrækkelig regelmæssig og nøjagtig, svinger disse Paa-

virksomheder temmelig svagt omkring en Middelværdi, som Sporet let optager, selv ved store Hastigheder; men hvis Fejlene ved Sporets Beliggenhed bliver for store, kan Sidekræfterne blive betydelige og bidrage til at ødelægge Sporets gode Tilstand.

Det er derfor ønskeligt at finde et praktisk og nøjagtigt Middel til at se, om en Kurve ligger rigtigt, eller om det er nødvendigt at rette den.

En Undersøgelse heraf kan foretages, ved at man igennem Kurvens Forløb studerer Forskellen mellem Pilhøjderne paa hinanden følgende Korder af konstant Længde f . Eks. 20 m, for hvilke Størrelsen af Pilen f i en Kurve med Radius R praktisk talt i m er

$$f = \frac{50}{R}.$$

I Virkeligheden har man

$$R = \frac{50}{f} + \frac{f}{2}$$

saa den Fejl, der begaas, er, at man sætter R og $R \div \frac{f}{2}$ lige store, og denne Tilnærmelse er tilladelig.

Forskellen mellem den teoretiske Værdi af Pilen og de maalte Værdier giver ikke et tilstrækkeligt Kriterium, thi hvis talrige paa hinanden følgende Pilhøjder afviger kendeligt fra den normale Pilhøjde, men er indbyrdes lige store, er Kurven regelmæssig. Det, der karakteriserer Kurvens Regelmæssighed er Variationen i Størrelse mellem to paa hinanden følgende Pilhøjder.

Ved store Hastigheder føres Lokomotiver og Vogne langs den ydre højestliggende Skinne, saa det er for den Pilhøjderne skal maales.

Til at foretage disse Pilhøjdemaalinger har enkelte Baner konstrueret særlige Vogne¹⁾, i hvilke Sporkurvens Forløb automatisk tegnes op, naar Vognen kører igennem Kurven.

En saadan Vogn benyttes f. Eks. af franske Baner. Det angives, at den kan køre 9000 km aarligt. Arbejdet udføres billigere end det tilsvarende Maalearbejde ved Haanden, og Nøjagtigheden menes at være større.

4. BALLASTENS PASNING

Naar Ballasten er blevet tæt og daarligt vandafledende, skal den graves ud og fornyes, saafremt det ikke er muligt at løfte Sporet i ny Ballast, saa

¹⁾ Lanos & Leguille: Mise en service sur le réseau de l'Est d'une machine controlant le tracé des courbes de la voie. Revue Générale 1937. II, S. 331.

man kan undgaa at fjerne den gamle Ballast. Indeholder den udgravede Ballast endnu en nogenlunde stor Mængde brugeligt Materiale, skal den renses ved Harpning, før den anvendes igen.

Gammel Ballast forurenes, dels af det, der slides af den selv, og dels af, hvad der tilføres udefra, især Aske og Slagger, der spildes fra Lokomotivet. Ballasten ophører med at være gennemtrængelig for Vand, og Svellerne bliver snavsede, uden at man kan lægge Skylden herfor paa Jord der er trængt op fra Planum. Paa visse Strækninger især i Nærheden af store Byer, kræves mindre end et Aar for at gøre den øverste Del af Ballasten uigennemtrængelig for Vand.

En fuldstændig Fornyelse med Sænkning og paafølgende Løftning kræver en Nedsættelse gennem nogen Tid af Hastigheden paa en Arbejdsplads, der

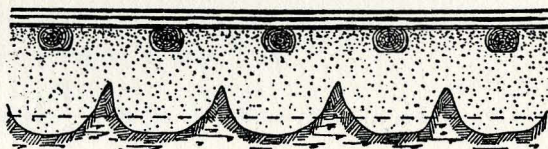


Fig. 96.

kan blive 1500 m lang; temmelig lang Tid vil gaa, inden Sporet har faaet sin Stabilitet igen.

Man benytter derfor ofte særlige Metoder og indskrænker Arbejdets Omfang paa den Maade, der er forsvarlig. Men det vil føre for langt her at komme ind paa en nøjere Beskrivelse af dette Arbejde.

Naar Sveller »vasker«, tyder dette paa, at Ballastlaget er stærkt tilstoppet enten af knuste Dele af Ballasten eller af Undergrunden, som er presset op deri. I saa Fald er det nødvendigt at foretage en Ballastfornyelse paa det paagældende Sted.

Underbygningens Overside faar ofte ved Understopningen en Form, der giver Anledning til, at Ballasten blandes med Jord (Fig. 96).

Ballasten skal luges, da Plantevækst fremskynder Ødelæggelsen af Ballasten og dermed af Svellerne.

I Stedet for Lugning anvendes i ret stor Udstrækning kemiske Midler til Ødelæggelse af Ukrudt i Spor og paa Veje langs disse.

Blandingsforholdet med Vand er noget forskelligt, men sædvanligvis anvendes en 3—5 % Opløsning. Nogle Steder anvendes en 2 % Opløsning for

at formindske Brandfaren, men der maa da udsprøjtes en tilsvarende større Vædskemængde, og desuden eftersprøjtes paa Steder, hvor Ukrudtet er særlig kraftigt. En stærk Opløsning er økonomisk heldig, da Ukrudtet derved holdes borte i flere Aar. Ved hver Sprøjtning kan man regne, at der gennemsnitlig medgaar ca. 1 Liter 5% eller ca. 2 Liter 2 à 2½% opblandet Vædske pr. m².

Den opblandede Vædske udsprøjtes med almindelige Havesprøjter, hvor det drejer sig om mindre Arealer.

For større Strækninger udsprøjtes fra særlig Tankvogn, som køres med Lokomotiv. Ved Forsøg har man fundet, at Planterne dør, naar Bladene rammes af den fintfordelte Vædske. Derfor indretter man Vandvogne, der har et Antal Dyser, gennem hvilke Vædsken under Tryk pumpes ud og fordeles fint, saa den i den fine Fordeling bliver hængende paa Planterne, uden at der dannes større Draaber, der vilde falde af.

Det opgives, at det betaler sig at bruge Natriumklorat, ikke alene paa Grund af den direkte Besparelse i Sammenligning med almindelig Haandlugning, men ogsaa ved hvad der indirekte vindes ved Desinfektion særlig af Grusballast, og ved at den forhindrer Humusdannelse i denne.

Vandeindretningen kan være saaledes, at Banelegemet efter Behov kan vandes i fuld Bredde eller kun delvis, for at indskrænke Forbruget af Klorat til det mindst mulige.

Den gunstigste Aarstid for Udsprøjtningen er Foraaret, naar Ukrudtet er kommet godt frem og er blevet grønt, og helst efter Regn, naar Gruset er vaadt. For megen Væde straks efter Sprøjtningen virker uheldigt.

De forskellige Ukrudtsplanter er mere eller mindre modstandsdygtige, og det opgives f. Eks., at Løvetand bør stikkes af paa Forhaand med Spade, for at Vædsken kan komme ned til Rødderne og dræbe Planten.

For Skærveballast angives, at det skal være tilstrækkeligt at sprøjte hvert andet Aar, mens der paa Grusballast, især hvor denne er noget jordblandet, bør sprøjtes hvert Aar; ved fortsat Brug af Natriumklorat, kan Ukrudtets Spireevne dog maaske nedsættes saa meget, at det ikke bliver nødvendigt at sprøjte hvert Aar.

Haandteringen af Natriumklorat kræver Forsigtighed, da Klæder, Træ og andre organiske Stoffer, som er mere eller mindre gennemtrukket med Natriumklorat, i tør Tilstand er let antændelige og brænder hurtigt uden at behøve Luftens Ilt. Ilden er vanskelig at slukke, da Natriumklorat afgiver Ilt til Forbrændingen. En Blanding af Natriumklorat med Savsmuld eller andet fint fordelt Træstof, med organisk Støv eller lign. i rigtigt Forhold

fænger og brænder som Krudt. Man maa derfor behandle Natriumklorat saavel i tør som i opløst Tilstand med Forsigtighed. De Mennesker, der arbejder med Natriumklorat, skal under Arbejdet være iført særligt Overtrækstøj; dette Tøj maa ikke bruges til andet Arbejde og ikke komme i Nærheden af Ild, før det er godt udvasket. Under Arbejdet maa man ikke komme i Nærheden af aaben Ild, ikke komme ind paa Lokomotiver, ikke ryge.

I intim Blanding med organisk Stof som Bomuld, Kulpulver, Sukker o. lign., og endvidere med Svovl, Metalsulfider, Metalpulver særlig Aluminium og Jern maa Natriumklorat betragtes som Sprængstof, der kan være meget kraftigt og kan bringes til Detonation ved Stød og Slag.

Naar Kloratet er opløst, er det farefrit, men naar Opløsningen tørrer ind f. Eks. paa Pudsetvist, kan denne tænde ved kraftige Stød og let antænde andre brændbare Stoffer. Selvantændeligt kan det dog ikke kaldes.

Stærke Mineralsyrer (Svovlsyre, Saltsyre) virker spaltende paa Natriumklorat, saa dette bør ikke lagres paa sure Underlag. Natriumklorat, der er et iltrigt Stof maa ikke kastes paa glødende Kul hverken i fast eller opløst Form.

Ved Arbejde med Natriumklorat er Gummistøvler, der let kan vaskes rene, at foretrække for Læderstøvler med Hælejern, som let slaar Gnister under Brugen.

Til Opbevaring maa kun anvendes rene Blik- eller Jerntønder og ikke Sække. Trækar og andre Træbeholdere suger sig for let fulde og er efter Tørring udsat for at antændes af Tændstikker, glødende Kul, Cigarer, stærk Gnidning og lign.

Bunden i Jernbanevogne, hvori Natriumklorat transporteres, skal fejes omhyggeligt og oversprøjtes med meget Vand.

5. OMBYGNING AF SPORET

Skal Skinner eller Sveller fornyes, maa Sporet bygges om. Gamle Skinner og Sveller kan anvendes i Sidespor.

Ved Ombygning af et Spor bør Ballastlaget fornyes, eller, hvis det endnu er brugeligt, fuldstændiggøres efter det fastsatte Ballastprofil. Den fornødne Ballasttilførsel og Løftning af Sporet bør foregaa Aaret før Sporumbygningen, for at Ballasten kan komme i Ro, før det nye Spor udlægges. Den nytilførte Ballast bør fortrinsvis bruges til Svellernes Understopning; den ud-

gravede, endnu brugelige Ballast renses ved Fraharpning af de pulveriserede Smaadele.

Er den tilstedeværende Ballast af ringe Beskaffenhed, men dog endnu vandafledende, afbanes den og bruges som Underlag for den nye Ballast. Sporet løftes da, hvor det er muligt, saa meget, at der overalt er god, vandafledende Ballast til en Dybde af mindst 25 cm under Svelleunderkant.

Hvor en stærkt trafikeret Banes Spor ombygges, bør Ombygningen udføres saaledes, at det nye Spor paa en længere Strækning lægges ved Siden af det gamle, hvorefter Trafiken ledes over det nye Spor, og det gamle optages.

Tog bør ikke passere det ombyggede Spor, før der mindst er anbragt to Skruer (Spiger) i hver Underlagsplade.

Sporet afrettes endelig, ved at Ballastlaget gøres færdigt, hvorefter Toghastigheden atter kan sættes op til det normale. Under Arbejdets Udførelse nedsættes Hastigheden.

Paa dobbeltsporede Baner indfører man, hvis det er muligt, enkeltsporet Drift under Arbejdets Udførelse, og Fremgangsmaaden kan da være ganske som ved Nyanlæg.

Paa Hovedbaner medfører Hastighedsformindskelser ved Sporarbejder kendelige Forstyrrelser for Togene, og for ikke at samle paa en enkelt Rejse Tidstab over en vis Størrelse, er Opstilling af et Arbejdsprogram meget vanskelig; og endnu vanskeligere er dets Gennemførelse.

Blandt de Arbejder, som igennem længere Tid foraarsager Forsinkelser, kan nævnes Reparation af Broer, Forstærkning af Dæmninger, Afvanding ved dybe Samleledninger o. s. v. Saadanne Arbejder hindrer i Praksis i lange Perioder paa en længere Banestrækning, at man udfører andre Arbejder som Fornyelsesarbejder, for hvilke regelmæssig Arbejdsgang er ønskelig, for at der ikke skal komme Vanskeligheder ved Tilførsel af Materialer og Bortkørsel af udskiftet Materiale.

Det er derfor fordelagtigt at gøre Arbejdspladserne for Fornyelsesarbejder uafhængige af andre Arbejdspladser, saa Toggangen generes saa lidt som muligt.

For ved Fornyelsesarbejder at kunne lade alle Tog passere med den Hastighed, man ønsker, og dog faa et passende Arbejde udført, maa man i Løbet af Dagen mindst disponere over to Perioder uden Tog, hver paa fra $1\frac{3}{4}$ —2 Timer.

Dette kan maaske vanskeligt naas paa Hovedlinier, saa man her maa

nøjes med to eller tre Gange i Løbet af Dagen at have en Periode paa $\frac{3}{2}$ —1 Time.

For Arbejdets Udførelse er foreskrevet en nøjagtig gennemtænkt Fremgangsmaade, saa det hele kan forløbe saaledes, at ingen yderligere Forsinkelser indtræder.

Under stærk Solvarme med Lufttemperatur fra 20° og derover kan der navnlig for Strækninger, hvor der enten foretages eller nylig har været foretaget Sporarbejder som omfattende Justering, Løftning, Indlægning af Sveller el. lign., der medfører eller har medført en væsentlig Fjernelse eller Løsning af Ballasten, være Fare for en Sidekastning af Sporet, »Hedeslag«. Dette gælder især Strækninger, paa hvilke det normale Ballastlag ikke er fuldt til Stede. Hedeslag skyldes enten, at Laskeboltene er for stærkt tilskruede, saa Skinnernes Varmeudvidelse derved hindres, eller at Temperaturmellemmrummene paa en længere Strækning er forsvundne.

Dannelsen af Hedeslag modarbejdes, ved at Sporet ikke holdes blottet for Ballast længere end højst nødvendigt, og at der om Sveller, der af en eller anden Grund er blottede for Ballast, ved Indtrædelse af stærk Varme snarest fyldes til. Er Skinneenderne stærkt sammenpressede, kan man sikre Sporet ved Indlægning af et Par Kurveskinner i begge Skinnestrengene.

Hvor det normale Ballastprofil ikke er til Stede, kan man daglig ved enkelte af Stødene i begge Skinnestrengene samtidig løsne Laskeboltene et Øjeblik og derefter igen skrue dem til, for ved denne Fremgangsmaade at udligne Sporets Varmespænding.

Kørselshastigheden bør nedsættes paa Spor, hvor der er Fare for Hedeslag, eller hvor der under Arbejdet indtræder Hedeslag.

Baade ved Nybygning og ved Ombygning af Spor benyttes ofte særlige Arbejdstog, saa det er muligt at lægge Skinner og Sveller ud, samlede i Værksted i Rammer, med særligt byggede Kraner. Ved Ombygning behandles Ballasten med Maskiner, der graver den op, gennemarbejder den, saa den luftes, og igen lægger den ud. Arbejdet kan ved saadanne Indretninger gaa hurtigere end ved Haandarbejde, hvilket ved Ombygning af stærkt benyttede Baner har stor Betydning.

I Amerika benyttede man allerede i Begyndelsen af dette Aarhundrede en særlig Sporlæggemaskine, der paa den færdige Ballast først lagde Svelterne ud enkeltvis og derpaa Skinnerne; paa Transportbaand blev Materialerne ført frem og aflæst i rigtig Rækkefølge.

Saadanne Maskiner blev oprindeligt kun benyttet ved Lægning af nye Spor, men efter 1925 har man ogsaa benyttet dem ved Udveksling af Spor

paa eksisterende Baner. Man faar derved den store Fordel for Materialkontrollen, at Materialerne kan oplagres simplere, mere overskueligt og aflaaset; Tab ude paa Linien er næsten udelukket, og for Driften har den nye Arbejdsmaade den meget væsentlige Fordel, at Ombygningen gaar hurtigere, og at der er Mulighed for at spare Materiale.

Det enkeltsporede engelske *Bretland-Morris* Arbejdstog er indrettet saaledes, at en gammel i Sporet liggende Sporrymme tages af en særlig Løbekran, der kan køre hele Togets Længde igennem; den aflæsser den gamle Sporrymme paa den for den bestemte Vogn, henter en ny Sporrymme, fører den den modsatte Vej tilbage, saa Sporkranen kan lægge den paa Plads. Naar Arbejdstoget kører ud, er Halvdelen af dets Vogne læssede med nye Sporrymmer, Halvdelen tomme, saa de kan optage de gamle. Toget skydes frem til Arbejdsstedet. Elektricitet til Belysning og Drift af Kranerne fremstilles i en Vogn i Arbejdstoget.

I 1929 benyttede den franske Nordbane paa Strækningen Paris-Chantilly en dobbeltsporet Løfteindretning med stive vandrette Udlæggere, med hvilken der blev udtaget 18 m lange og indlagt 24 m lange Sporrymmer.

Ved *Fornyelse af Ballasten* er benyttet en enkeltsporet Ballasttromle. En saadan Tromle maa ikke være for tung, da Ballasten saa mister sin Elasticitet og giver haard Kørsel, en Vægt paa 5-6 ts synes passende. Naar Tromlingen overhovedet anvendes, er det, fordi man ellers ved Ballast, der langsomt sætter sig, vil faa en Del Efterstopning af Sporet.

Tromlen har særlige Aksler med Jernbanehjul, saa den kan transportere sig selv paa Spor.

En Ballastplov anvendes til at rive Ballast op og rode den igennem, efter at Sporrymmen er taget op. Den trækkes af et Lokomotiv paa Nabosporet, idet den hæftes til en Arm, der stikker ud til Siden. Ballast, der er behandlet paa denne Maade, gennemgaar lettere en yderligere Behandling.

En Ballastrensevogn bruges til Gennemgravning af Ballast paa fritlagte Strækninger i Forbindelse med Siindretninger. 1929 begyndte den franske Nordbane at anvende en saadan Maskine. Transportbaand fører den gamle Ballast til en Sigtetromle, og, naar den er rensat, igen tilbage til Baneplanum, hvor den fordeles regelmæssigt. Ikke anvendelige Dele af Ballasten frasorteres.

§ 19. SNEFYGNING OG SNESKÆRME

Ved Snefygning bærer Blæsten det medførte Materiale oppe, saa længe Hastigheden ligger over en vis Værdi, der er afhængig af Materialets Vægt og Form. Naar Vindstyrken synker ned under denne lavere Grænse, falder Smaadelene til Jorden. Materialet lægger sig, hvor der er Læ.

Fig. 97 viser den Virkning, som en lodret stillet, tæt Bræddeskærm har paa Blæsten. Luftdelene og Svævet maa tænkes at bevæge sig i næsten vandrette Baner, som er angivet ved de fint tegnede Linier i Figuren.



Fig. 97. En tæt, lodret Skærms Indvirkning paa Blæsten.

Tænker man sig lagt Flader gennem de Punkter, hvor Luftdelene i et givet Øjeblik har samme Hastighed, vil man se, hvorledes Lærummene danner sig ved Skærmen. I Fig. 97 er saadanne Flader afbildede ved de grovt optrukne Linier. Svarer Hastighedsflade I til den uformindskede Vindstyrke, III til den Vindhastighed, der kan holde et Snefnug svævende, bliver III den Grænseflade, hvorunder der i Øjeblikket er Aflejringsmuligheder for Sneen.

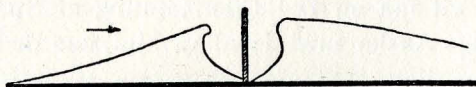


Fig. 98. Drivedannelse foran og bag en tæt, lodret Skærm.

Efterhaanden som Dyngerne vokser, forandrer de Fladernes Beliggenhed og Form.

Baade Aflejringerne Vækst, og Svingninger i Vindstyrken vil bevirke Forskydninger i Hastighedsfladerne, saa der aldrig kommer varige Tilstande.

En Snedrive vil vokse saaledes, at den fylder Lærummene baade foran og bagved Hindringen. Den løse Fygesne vil ikke være i Stand til at bygge Drivernes Kam højere, end Lærummet naar.

Naar Lærummene er fyldt, gaar Foget ovenover Driven og blæser videre bort.

Fig. 98 viser, hvorledes Drivene vokser op paa begge Sider af en lodret, tæt Bræddeskærm. Naar Aflejringerne yderligere forøges, bøjer Drivene

Hornene mod hinanden og lukker tilsidst Mellemlrummet foroven. Drivens Vækst vil standse.

Har Skærmen Hældning, saaledes at Læsiden indeholder den spidse Vinkel, vil Fordrivens Overflade gaa jævnt over i Bræddeskærmens Plan, naar Hældningsvinklen φ er 45° eller derunder (Fig. 99). Fordriven vokser ud helt inde fra Skærmen. Bagdriven kryber ind under Bræddeflagen og desto mere, jo mere Vinklen φ aftager.

Hælder Fladen forover mod Foget, vil Drivedannelserne blive som paa

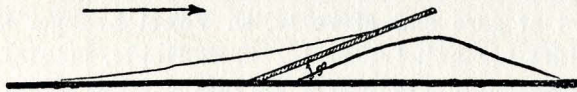


Fig. 99. Drivedannelse ved en hældende Skærm.

Skrænterne af Indskæringer for Veje og Jernbaner. Sneen lægger sig paa Indskæringens Kant.

Forsøg foretaget med aabne Skærme (Fig. 100), som Blæsten strøg igennem, har vist, at jo mere aaben Skærmen er, desto længere bliver Bagdriven, og desto kortere Fordriven. Den største Hastighedsformindskelse fremkommer et Stykke bag Skærmen paa det Sted, hvor Luftstrømmen, der sam-

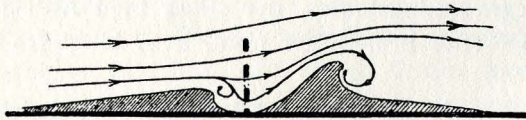


Fig. 100. Drivedannelse foran og bag en aaben, lodret Skærm.

menpresses under Passagen gennem Skærmens Aabninger, paany har udvidet sig til sit fulde Tværmaal.

Jo mere aaben Skærmen er, desto længere og fladere bliver Bagdriven. Saafremt Foget varer længe nok til at føre Udviklingen til Ende, vil Drivene ogsaa ved den aabne Skærm vokse ind mod hinanden og tilsidst danne een sammenhængende Vold, der næsten skjuler Skærmen.

Det er en nødvendig Forudsætning for Drivedannelse, at der findes udstrakt Opland i Vindretningen. Et eneste Snefald under stærk Blæst er tilstrækkeligt til at bygge en anelig Drive, idet al Nedbøren blæser sammen og hobes op paa enkelte, spredte Punkter.

Ikke alene Oplandets Udstrækning, men ogsaa dets Form har Indflydelse paa Drivestørrelsen. Overalt, hvor der findes Forhindringer — Bakkeskræn-

ter, Grøfter, Hegn o. s. v. — vil disse opholde Foget en Tid og hindre det i at gaa videre med hele sin Masse. Men naar Forhindringerne ikke er store, faar de kun forhalende Betydning. Den endelige Drivestørrelse bestemmes ved Lærummets Størrelse.

Paa samme Maade forholder det sig med Banernes Sneskærme, der virker som Hindringer for Foget. Kun til en Tid kan de give Værn mod Sneen. Derefter gaar Foget over dem, og Driverne rejser sig inde i Sporet.

Naar Fygningen ikke staar for længe paa, gør Skærmene god Nytte. De afbøder de hyppige Snestandsninger. Men tager Foget fat for Alvor, har man intet andet at gøre end at vente, til Vejret bedager sig.

Et Snefog fylder normalt Luften i 2—3 m Højde, men en stærk Fygning kan sætte Sneen endnu højere tilvejs. De som Sneskærme anvendte Bræddeskærme er i Almindelighed 2—2,5 m høje, saa de fanger den tunge Del af Foget. Sneen lejrer sig straks foran en saadan tæt Skærm, kun en mindre Del blæser over. Men efterhaanden som Fordriven vokser i Højde, vil den løfte Foget, og Skærmen vil afskære mindre og mindre af Luftstrømmen, selv om det sjældent sker, at hele Foget gaar over.

Af Forlandets Art og Udstrækning kan man finde, hvor stor den største Aflejningsmasse sandsynligvis vil blive. Naar man saa kender Sneskærmens Højde kan man beregne, hvor megen Sne den kan fange, naar Sneen lejrer sig med plane Begrænsningsflader, der stiger med Anlæg 1:8 mod Skærmens Overkant. Derefter bestemmer man, hvor langt fra Sporet man skal sætte Skærmen.

Det bageste Lærum frembyder mest Interesse, fordi det som Regel naar ind over Sporet, og fordi Vanskelighederne ved at fange Sneen her er størst.

Jo højere Fordriven bliver, desto mere af Foget gaar over Skærmen, og desto vigtigere bliver det, at disse Snemasser opfanges i det bageste Lærum, forinden de naar Sporet.

Hvor Sneskærmen er en Jordvold i Afstand fra Banen, anvendes gerne en Beplantning paa Toppen. Idet Blæsten stryger igennem denne, taber den i Hastighed, og Sneen aflejres. Beplantningen, der rækker op i Luftstrømmen, forøger Bagdrivens Højde uden at øve større Indflydelse paa Fordriven.

Endnu mere virksom er en Beplantning af Bæltet bag Diget. Luftstrømmen vil tabe i Hastighed, og Sneen lader sig fange. Bagdrivens Højde vil forøges, og Volden kan ligge nærmere ved Banen. Hvor Sneskærme er byggede i nogen Afstand fra Sporet, vil man hyppigt se, at Skærmenes Virkning søges støttet ved en Beplantning af Læbæltet.

Et beplantet Areal, der i sig selv skal yde Beskyttelse mod Snefygning, maa have en Bredde paa mindst 12 m.

Jo højere Beplantningen er, desto mere Sne vil den kunne fange. Man bør ikke lade den vokse op som Højskov, da den smalle Bæltebredde giver Fare for Vindbrud; høj Beplantning vil let blive aaben forneden, og her maa da paa anden Maade skaffes Dækning.

Paa De danske Statsbaner er Træerne i de ældste Plantninger 3,5—6 m høje.

Ved dybe Afgravninger har man undertiden forøget Beplantningens Bredde ved at føre den ned ad Skraaningen.

Paa høje Dæmningsskraaninger vil Sneen have Tilbøjelighed til under Fygning at lejre sig efter det i Fig. 101 viste Profil. Anvendes Beplantning

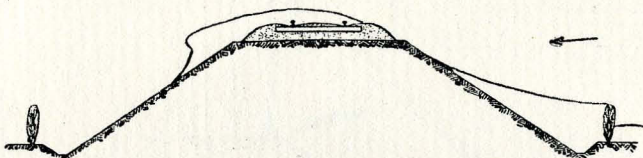


Fig. 101. Sneaflejring paa højere Dæmninger.

saadanne Steder, maa Kronerne ikke naa op over Skinnetop, saa der skabes et Lærum inde over Sporet.

Snerydningen foregaar her i Landet med Skovl og med Sneplov. Mens Foget staar paa, arbejdes der kun, saa længe Banen kan holdes aaben. Fra det Øjeblik, Driverne lukker Linien, er alle Forsøg paa Rydning unyttige.

Paa de sjællandske Baner blev der i Slutningen af 1870'erne foretaget Forsøg med Sneskærme, og Resultatet af disse Forsøg blev den saakaldte »sjællandske Skærm«, hvis endelige Skikkelse blev fastslaaet i 1891 (Fig. 102).

Den øverste Del af den lodrette Væg er ligesom den skraatliggende aftagelig, for at Skærmen ikke om Sommeren skal kaste Skygge paa Marken.

Den sjællandske Bræddeskærm med det brækkede Profil har en heldigere Form end den simple Svelleskærm (Fig. 103).

Jordvolde med beplantet Top og Læbælte er den mest anvendte Skærmbygning ved De danske Statsbaner (Fig. 104). Paa Toppen plantes gerne Pil.

Jernbanernes Tjørnehegn øver ofte skadelig Indflydelse, da Bagdriven ved en aaben Skærm bliver særlig kraftig udviklet, og derfor har Tjørnehegnet ofte medvirket til at rejse Driverne i Sporet.

§ 20. KRYDSNING MELLEM JERNBANER OG VEJE

Krydsninger mellem en Jernbane og andre Færdselsveje skal udføres saaledes, at Færdslen paa begge de skærende Færdselsveje forstyrres saa lidt som muligt. Dette sker bedst ved, at de to Færdselsveje i Krydsningspunktet ligger i forskelligt Niveau, saa Færdslen paa den ene bliver uafhængig af Færdslen paa den anden. Der maa i dette Tilfælde bygges Bro for den ene Færdselsvej i Krydsningspunktet.

I Løbet af de sidste 40 Aar har De danske Statsbaner søgt at fjerne Niveauoverkørslerne i hvert Fald med Hovedveje. Derved opnaas ikke alene en

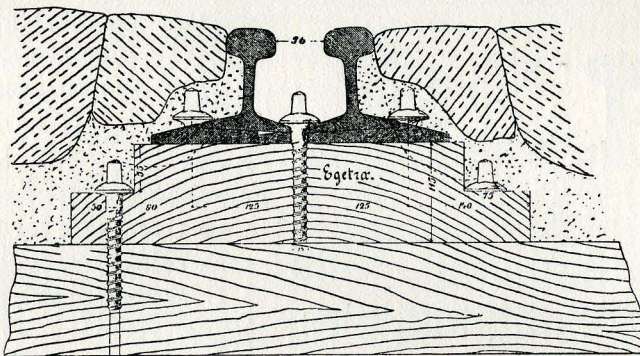


Fig. 105. De danske Statsbaner. 32 kg Spor. Tvangskinne i brolagt Overkørsel.

større Driftssikkerhed baade paa Vej og Jernbane, men ogsaa, at Udgifterne til Pasning af Niveauoverkørslerne falder bort.

Ved Ombygning af en Krydsning mellem Jernbane og Vej bør Vejen beholde sin Plads. Krydsningsvinklen bør søges holdt ikke under 40° , men den kan, hvor dette vilde medføre uforholdsmæssig Bekostning eller andre Ulemper, nedsættes, idet den dog mindst skal være 30° .

Ofte kan en Vejforlægning være nødvendig, uden at man dog ved den faar Bane og Vej i samme Højde; der maa da bygges Rampe for Vejen.

Hovedsynspunktet ved Ordningen af en Niveauskæring er, at Anlægget skal være overskueligt, især hvis Overkørslen ikke skal bevogtes.¹⁾ Denne Overskuelighed tilvejebringes eventuelt ved Afgravning af Terrænet, hvis den ikke allerede er til Stede. Baade Vej og Bane bør kunne overses af Lokomotivføreren fra dennes Øjehøjde (2,5 m over Skinnetop) fra et Punkt paa Banen, der ligger alt efter Banens Stigningsforhold 150—300 m fra Skæringspunktet.

¹⁾ A. R. Christiansen: Veje og Gader, København 1943, S. 409.

Afstanden bør være saa stor, at Toget kan bringes til Standsning inden Skæringspunktet. Den kan derfor være mindre paa Baner, hvor Togene har gennemgaaende Bremse, end hvor Togene bremses med Haandbremses.

Paa stærkt befærdede Veje er det ret almindeligt, at man brolægger Overkørslerne, dels mellem Skinnerne, dels i et Bælte paa begge Sider af Sporet. For at faa Plads til Brolægningen maa man sænke Tværsvellerne (Fig. 105).

Imellem Skinnerne holdes Vejens Tværprofil retliniet parallelt med Skinnerne, hvorfor Brolægningen afvandes til Sporrillen og lægges med Oprunding vinkelret paa Sporet. Udenfor Sporet danner Brolægningen vindskæve Flader med jævn Overgang fra den retliniede Skinne til det sædvanlige parabolske Vejprofil.

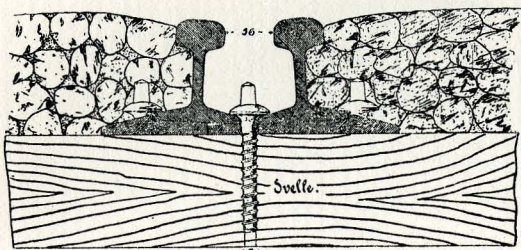


Fig. 106. De danske Statsbaner. 32 kg Spor. Tvangskinne i chausseret Overkørsel.

Længdesnittet af Vejbanens Midtlinie bliver altsaa parabolsk mellem Skinnerne og retliniet paa begge Sider af Sporet. Hvis Jernbanesporer ligger i Kurve med Overhøjde for Yderskinne, maa Vejens Længdeprofil ændres i Overensstemmelse med Overhøjden; er Banen i dette Tilfælde dobbeltsporer, lægges de to mid-

terste Skinner i samme Højde, medens den inderste Skinne sænkes, den yderste løftes.

Paa en retvinklet Overkørsel lægges hele Brolægningen i Skifter parallele med Sporretningen; paa skæve Overkørsler afsluttes Brolægningen efter Linier vinkelrette paa Vejlinien, og man lader Skifteretningen følge Sporet imellem Skinnerne og for 2 à 4 Skifter paa hver Side af Sporet, men lægger iøvrigt Skifterne vinkelret paa Vejens Længderetning.

Da det ikke kan undgaaes, at Makadamiseringen slides stærkere end Brolægningen, vil dennes Kant efterhaanden komme til at staa frem, og dette volder mindst Fortræd, naar den er vinkelret paa Køreretningen. Det er en stor Fordel ved Anvendelsen af Brolægning paa Overkørsler, at Skinnerne ikke i Tidens Løb springer frem over Vejbanen; det vil ganske vist — om end i mindre Grad — blive Tilfældet med Brolægningens Kant, men da den kan holdes vinkelret paa Køreretningen, passer Brolægning særlig godt paa skæve Overkørsler.

En anden Fordel ved Brolægning er, at Sporrillen lettere holdes fri for løse Skærver, end hvis Makadam støder direkte til Skinnerne.

I Fig. 106 er vist Anvendelse af Kontraskinne i chausseret Overkørsel, i Fig. 107 i Overkørsel med 45 kg Spor.¹⁾

Anvendelse af Kontraskinner ved en offentlig Overkørsel vil under sædvanlige Forhold være betinget af, at Overkørslen holdes bevogtet; en nogenlunde stærk Vognfærdsel vil medføre, at Sporrillen ofte maa renses navnlig om Vinteren, hvor den fyldes med Sne og Is. Spor i ubevogtede Overkørsler forsynes i Reglen kun med Kontraskinner, naar Vejskæringen er meget spidsvinklet. Paa de sædvanlige private Markoverkørsler vil Færdslen om Vinteren være saa ringe, at der næppe er Fare for Fyldning af

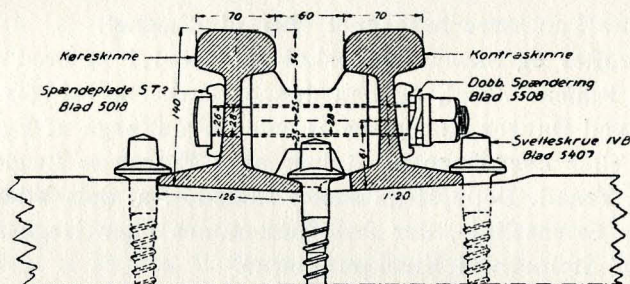


Fig. 107. De danske Statsbaner. 45 kg Spor (VB t) med Bøgesveller. Kontraskinne i Overkørsler.

Sporrillen med andet end løs Sne, og derfor kan Bevogtning undværes trods Brugen af Kontraskinner.

Paa uindhegnede Baner bortfalder Bevogtning af Overkørsler og dermed i Reglen ogsaa Brug af Kontraskinner og Brolægning, saa Kørebanen tværs over Sporet kun makadamiseres. Makadam lægges udenfor Sporet i Højde med Skinetoppen og imellem Skinnerne med Oprunding, saa der dannes en flad Sporrille paa hver Side. Selv om en løs Skærve skulde lægge sig tæt op mod Skinnen, er Faren for Sporafløbning meget lille, da Styrekransene let vil kunne støde den til Side.

Paa Overkørsler, som ligger umiddelbart ved Enden af en Station, hvor det er let at skaffe Mandskab til Rensning af Sporrillen, kan man under-

¹⁾ I de af Ministeriet for offentlige Arbejder den 16. Marts 1933 udsendte »Regler for Udførelsen af Anlæg m. v. ved Krydsning mellem Jernbaner og Veje« findes detaljerede Oplysninger om de Krav, der stilles med Hensyn til Vejens Længdeprofil ved Krydsningen, om Stigningsforhold, Overgangsstigninger, Krumningsradius paa de forandrede Vejstykker, Bredden af de nye Vejstykker og Ramper, Vejbanens Konstruktion, om Sikkerhedsrækværker, om den fremtidige Vedligeholdelse af forlagte Vejstykker og Ramper, om Anbringelse af Led eller mekaniske Lukkeindretninger, om Niveauovergange, Drejekors, selvlukkende Laager i Banehegnet, om Underføringer, om Viadukter og disses Bæreevne, om Ledde og Bomme m. m. m.

tiden se Kontraskinner og Brolægning anvendt, selv om Banen er uindhegnet. Hvis Banen i større Afstand fra en Station overskærer en Vej, der er saa stærkt befærdet, at Bevogtning anses for nødvendig, vil man ogsaa der sædvanligvis bruge Kontraskinner og Brolægning.

Det foreskrives undertiden, at der paa Niveauskæringer ikke maa findes Skinnestød; dette kan undgaas ved Anvendelse af særlig lange Skinner, fra 15 til 18 m.

§ 21. INDHEGNING

En Jernbane kan være indhegnet eller uindhegnet.

Udenfor Grøfter og Skraaninger skal en 0,6—1,1 m bred Hegnsbanket høre med til Banens Areal, og paa denne Banket anbringes Hegnet saaledes, at der ved Banens Anlæg sættes enten Traadhegn af Egetræs Stolper og 4 Traade eller Lægtehegn af Stolper og 3 Fyrretræs Lægter eller af to Lægter og en Traad. Dette Hegn sættes saaledes, at dets Yderside falder i den gældende Grænselinie, der først bestemmes efter Hegnsætningen ved Indmaaling af Stolperne i Knæpunkterne.

Som Hegn kan ogsaa midt i Hegnsbanketten plantes en Hæk, og Grænse-linien vil da som Regel ligge 0,5 m udenfor Midten af Hækken. Hvidtjørn anvendes almindeligst, men man kan anvende alle Planter, der kan danne en tæt Hæk f. Eks. Avnbøg, Navr eller Gran. En Hæk er i Vedligeholdelse det billigst mulige Hegn, da den kun fordrer Klipning en Gang om Aaret for at holde sig tæt. Som Regel tillader man ikke, at den vokser højere end 1,0—1,25 m, da et levende Hegn kan forøge Snevanskelighederne under stærkt Snefald med efterfølgende Fygning. Dette er Grunden til, at man ikke anvender Hæk saa meget som tidligere, men foretrækker et Traadhegn paa Egetræs Stolper, i hvert Fald paa Steder, hvor der er Fare for Tilfygning.

Selv om Banen som Regel er indhegnet, plejer man ofte at udelade Hegnet gennem Skovstrækninger og nøjes her med en Afmærkning af Grænse-linien med hvidkalkede Skelsten eller rødmaledede Skinnestumper, fordi der i Skovene ikke er stor Fare for, at Kreaturer kan komme ind paa Banen.

Paa uindhegnede Baner kan anvendes en lignende Afmærkning. Ofte anvendes dog Skelpæle af Eg, 1,5 m lange, 8 cm i Firkant; i Pælene indbrændes et Mærke, og den Del af Pælen, der staar op over Jorden (højest 0,4 m), males rød.

Paa Jernbanestationer, især i Byer, anvendes som Regel sværere Hegn, enten Stolpehegn med Løsholter, almindeligt Stakit, Plankeværk, Jerngitter

eller Mur, og Stationspladserne holdes ofte indhegnede, selv om den frie Bane ikke er indhegnet. Paa danske Privatbaner indhegnes Landstationer saaledes med 4-traadet Banehegn.

§ 22. AFMÆRKNING LANGS BANELINIEN

Af Hensyn til Banernes Administration plejer man langs Banelinien at foretage en Afmærkning, saaledes at de løbende Længder, Stignings- og Krumningsforhold kan fastslaas i ethvert Punkt af Linien.

Alle Knækpunkter i Længdeprofilen mærkes med Faldvisere, Opstandere med en vandret og en hældende eller to hældende Arme, der staar parallelt med eller vinkelret paa Sporet. Ved Armenes Hældning angives, om det er Stigning eller Fald. Disse Faldvisere har Betydning for Lokomotivføreren, der skal vide, paa hvilket Fald eller Stigning han befinder sig. Faldviserne skal i Mørke træffes af Lyskeglen fra Lokomotivlanternen.

Kurver kan mærkes med Sportavler ud for hvert Tangentpunkt for den oprindelige Kurve; paa den Side af Pælen, som vender imod Kurven, paa-males Størrelsen af Radius, Kurvens Længde, Overhøjde og Udvidelse samt Overgangskurvens Længde. Denne Afmærkning har Betydning for Arbejdet ved Sporets Vedligeholdelse.

Langs Banen anbringes Telegraf- eller Telefonlinie. Stængerne sættes sædvanlig udenfor Banegrøften, i Afgravning omtrent i Planums Højde, langs Paafyldninger i Terrænhøjde, saa de altid kan sættes i fast Bund. Ved alle Overkørsler flyttes Stængerne enten op paa Vejrampen eller gøres saa høje, at Traadene lader tilstrækkelig fri Højde for Færdslen.

§ 23. OVERBYGNINGENS BEREGNING

1. GRUNDLAGET FOR BEREGNINGEN

Lokomotivrammen bæres af Drivhjul (koblede Hjul) og Løbehjul. De ligestore koblede Hjul er forbundne ved Kobbeltængerne; Løbehjulene kan bære en Boggie, der er bevægelig i Forhold til Hovedrammen. Den største Værdi af Akseltrykket for Drivhjul kan i Europa naa saa højt op, at man ved Nyanlæg eller ved Sporforstærkninger er nødt til at regne med en Værdi af 20—25 ts.

I U.S.A. beregnes den tungeste Overbygning med Skinnevægt 75,5 kg/m for et statisk Akseltryk paa 45,5 ts.

Paa Sidebaner maa man regne med et Akseltryk paa 14 ts, hvis Hovedbanernes Godsvogne skal kunne gaa over paa dem; for Lokalbaner, hvortil Godsvogne i Almindelighed skal kunne gaa over, maa man regne med 12 ts Akseltryk, og hvor det ikke er Tilfældet, med 10 ts.

Paa danske Privatbaner er Lokomotivernes Akseltryk 3,5—4,5 ts; de er beregnede til med en Hastighed af 25—30 km i Timen at kunne trække blandede Tog med en gennemsnitlig Vægt af 150—160 ts og en maksimal Vægt af 200 ts paa Stigninger af 1:100.

Paa smalsporede Baner bør man regne med 7—9 ts Akseltryk, men baade paa disse og paa Lokalbaner kan man som Regel nøjes med at regne med Akseltrykkene for Banens egne Lokomotiver, men man maa være klar over, at man kan faa Vanskeligheder ved Overgang af Godsvogne, idet disses Lasteevne er voksende (indtil 20 ts eller mere).

De danske Statsbaner anvender 32 kg, 37 kg, 45 kg og 60 kg Skinner. Mange danske Privatbaner har kun 22,5 kg Skinner; dette er sikkert for lille en Skinnevægt, navnlig under Hensyn til Godsvognenes Vægt.

Sporets Beregning udføres i Almindelighed for en stillestaaende Belastning uden Hensyn til Virkningerne af, at Toget er i Bevægelse. Foruden de lodrette Kræfter optræder der Kræfter, der virker i et vandret Plan, men begge Arter af Kræfter varierer baade med Sporets og Lokomotivets Konstruktion og Tilstand og med Togets Hastighed.

Hjultrykkene kan ændres, ved at Fjedrene spændes og aflastes. Denne Forandring skulde kunne sættes til $\pm 0,63$ Gange Hjultrykket og skyldes ujævnt Spor f. Eks. i Stødene, uens Sænkning af de to Skinner samt uregelmæssig Arbejden af Lokomotiverne.

De lodrette Kræfter bøjer Sporet ned, idet Svellerne trykkes ned i Ballasten, og Skinnerne faar en Nedbøjning mellem to Understøtninger, saa Sporet faar Form som en bølgeformet elastisk Linie, hvis Form stadig forandres, afhængig som den er, ikke alene af de virkende lodrette Kræfter, men ogsaa af Sporets Stivhed og Bæreevne.

Sporets lodrette Svingninger ved Nedbøjningen medfører lodrette Svingninger af Hjulene. Hjulene kommer derved til at løbe i lodrette Kurver, der fremkalder en Centrifugalkraft, der forøger Hjultrykkene. Voksende Hastighed ophæver til en vis Grad Virkningen, da større Hastighed giver mindre Nedbøjning af Skinnerne mellem Svellerne, saa Nedbøjningskurven bliver slankere, og Hjulets Nedsynkning mindre.

Damplokomotivets Konstruktion og Virkemaade fremkalder under Kørslen en Variation i Størrelsen af de lodrette Kræfter; Akseltrykkets Varia-

tion og Kontravægtens Virkninger maa tages i Betragtning. Begge Dele kan formindskes, men ikke helt undgaas, ved hensigtsmæssig Konstruktion af Lokomotivet. Variationen af Akseltrykkene fremkaldes dels ved Lokomotivets egne Svingninger, dels ved Krydshovedernes varierende Tryk mod deres Føringer, og endelig ved Sporets Ujævnheder, og skal ophæves eller udjævnes ved Fjedrene.

Kontravægtene, der er anbragt i Drivhjulene, afbalancerer fuldstændig de omdrejende Maskindele (Krumtappe, Kobbeltænger og en Del af Plejlstangen), medens de i ret Linie bevægede Maskindele (Resten af Plejlstangen, Krydshoved, Stempelstang og Stempel) kun delvis afbalanceres.

Disse ikke afbalancerede, i ret Linie bevægede Masser, er Skyld i Lokomotivets Svingninger, idet de bevæger sig modsat paa de to Sider af Lokomotivet. Kontravægtene fremkalder en Centrifugalkraft, der gør Akseltrykket variabelt, afhængigt af Kørehastigheden.

Hjultrykket kan saaledes forøges paa Grund af de ikke afbalancerede bevægede Masser paa Lokomotiverne. Det forlanges ved Lokomotivleveringer, at Forøgelsen f. Eks. ikke maa overstige 15% af Hjultrykket ved største tilladte Kørehastighed.

Ved Forsøg har man fundet, at det er Tenderhjulene, der fremkalder de største dynamiske Virkninger; hvis Tenderhjulene ikke skal virke uheldigere end Lokomotivhjulene, maa deres Hjultryk være mindre end $\frac{2}{3}$ af største Lokomotivhjultryk.

Foruden de lodrette Kræfter fremkommer der under Kørslen vandrette Kræfter. Den Linie, som Lokomotivets (eller Vognenes) Tyngdepunkt beskriver, er ikke parallel med Sporets Midtlinie, men derimod en mere eller mindre flad Bølgelinie. Ved denne Bevægelse fra den ene Side af Sporet til den anden fremkommer der et vandret Tryk imod Skinnen, der vokser med Størrelsen af Vognens Vægt; det er derfor især Lokomotivets »Slingren« d. v. s. Forhjulenes skiftevis Løben mod højre og venstre Skinne, der kan blive farlig; den vokser, naar der er Mangler ved Lokomotivet eller ved Sporet, og den vokser med Kørehastigheden.

I Kurver maa Hjulene paa samme Aksel, som de er kilede fast paa, gennemløbe ulige lange Veje, saa der foregaar en Glidning, hvorved der opstaar en Tilbøjelighed til Forskydning af Skinnerne efter deres Længderetning.

Af Vinden kan en Vogn trykkes imod den ene Skinne, hvilket ogsaa kan forøge Paavirkningen.

Der er saaledes mange forskellige Forhold, der faar Betydning for Kræf-

ternes Størrelse, og det er ikke muligt ad teoretisk Vej at komme til noget nøjagtigt Resultat. Ved Forsøg og ved Iagttagelser af eksisterende Spor kan man danne sig en Forestilling om, hvad der kræves, og det bliver da blot Opgaven at opstille en Beregningsmaade, der svarer hertil.

Lægger man de forskellige dynamiske Virkninger sammen, skulde man faa en Forøgelse af Hjultrykket paa indtil 100 %, hvis de optræder samtidig, hvilket dog i Almindelighed er usandsynligt. Men naar man har kunnet maale dynamiske Paavirkninger paa Skinnerne, der er dobbelt saa store som de statiske, maa dette formentlig hidrøre fra Fejl i Sporet eller dets Vedligeholdelse eller fra daarligt konstrueret eller daarligt vedligeholdt rullende Materiel.

Den bedste Maade at modarbejde disse Virkninger er at forøge Sporets Stivhed og Masse samt at formindske Togets Vægt og Masse, en rigtig Af-fjedring og rigtig Placering af det rullende Materiels Tyngdepunkt. Og endelig et Driftssystem med mindst mulige uafbalancerede Masser under Bevægelsen (elektrisk Kraftoverføring, enten direkte eller ved Tandhjulsoverføring til hver Drivaksel). Dette Spørgsmaal er meget aktuelt, naar man, som Tilfældet er, tænker paa at sætte Hastigheden op til 150—180 km/T. Forøvrigt synes nyere Undersøgelser at vise, at de dynamiske Virkninger ikke vokser, naar Hastigheden naar op over en vis Værdi.

De Bøjningsspændinger, der optræder i et Spor som Følge af en lodret Belastning, er kun en Del af det, der er nødvendigt til Bedømmelse af et Spors Paavirkning; Sporets Alder, Skinnernes Afslidning, Svellernes Tilstand, Ballast, Stød, og Afgivelserne i Sporets Beliggenhed fra den Beliggenhed, det skulde have baade i vandret og lodret Retning, vil faa større eller mindre Betydning.

Man vil derfor ikke kunne beregne et Spor i samme Forstand, som man kan beregne en Bro, og naar Beregning og Virkelighed er saa forskellige, som Tilfældet er, kan man spørge sig selv, om der vil være nogen Mening i at anvende Tid og Møje paa en Forbedring af de Beregningsmetoder, man hidtil har benyttet.

For saadanne Undersøgelser taler, at den springvise Forøgelse af Kørehastigheden stiller saa store Krav til Overbygningen m. H. t. rigtig Beliggenhed i Plan og i Højde, og disse Krav — i Forbindelse med den mere og mere anvendte Skinnesvejsning, der ogsaa faar større Betydning med voksende Kørehastighed, — vil muligvis bringe Ændringer i Skinneformen. Her vil sammenlignende Beregninger paa ensartet videnskabeligt Grundlag være af største Betydning. Og ogsaa for de nu anvendte Spor gælder, at

Regler for Benyttelsen af et Spor ikke kan baseres paa følelsesmæssige Betragtninger, men kun paa regningsmæssigt Grundlag.

Ogsaa af Hensyn til Vognbygningen er en videre Udvikling af Overbygningens Beregningsmetoder nødvendig.

Man regner som Regel kun med den lodrette Belastning, mens man enten slet ikke, eller, hvis det sker, kun regner den vandrette Belastning som en bestemt Procentdel af den lodrette. Men Akslerne paa en Jernbanevogn med flere Aksler paavirker Sporet i Kurver i vandret Retning paa meget forskellig Maade, eftersom Akslen er førende eller ikke, og efter hvor mange ikke paaløbende Aksler den førende Aksel ved Hjælp af Rammen skal dreje ved Vognens Drejning. En Beregningsmetode for Overbygningen, der tager Hensyn til disse forskellige Kræfter, vil give Vognkonstruktøren Mulighed for at fordele Lasten paa de enkelte Aksler, saaledes at den samlede Paa-virkning bliver ens for alle Aksler.

Skal Vognkonstruktørerne bygge Vogne, der udnytter Sporet og ikke overanstrenger det, maa en videnskabelig Beregningsmaade findes, og det første Skridt paa denne Vej er, at man tager Hensyn til den gensidige Virkning af de lodrette Kræfter, saaledes som det er gjort ved de nyere Beregningsmaader.

Det angives, at de største vandrette Kræfter fremkommer ved ubelastede Aksler. Paa belastede Aksler kan man efter afholdte Forsøg antage, at paa ydre Skinne i en Kurve er den vandrette Kraft højest $\frac{1}{8}$ af Hjultrykket og paa indre Skinne noget over $\frac{1}{6}$. Man mener heraf at kunne uddrage, at den vandrette Kraft ved belastede Aksler næppe skulde kunne blive over 0,2 Gange Hjultrykket, hvad man nu i Almindelighed regner med.

Momentet paa tværs af Sporet skulde da kunne beregnes af Ligningen (om Betegnelserne γ , G , a , B og D , se nedenfor)

$$M = \frac{8\gamma + 7}{4\gamma + 10} \cdot \frac{G \cdot a}{4}$$

naar Svellerne antages at være faste Understøtninger i Tværetningen, hvorved

$$\gamma = \frac{B}{D} = \frac{B}{\infty} = 0$$

$$M = \frac{7}{10} \cdot \frac{0,2 G \cdot a}{4} = 0,035 G \cdot a$$

eller fra 11—19% af det lodrette Moment.

Men til at finde den rigtige Størrelse af den vandrette Belastning er der endnu en lang Vej; den er langt vanskeligere at faa fat paa end de lodrette Kræfter, da den afhænger af Friktionen mellem Hjul og Skinne, der ikke kan bestemmes nøjagtigt.

De største og farligste Spændinger i en Jernbaneskinne hidrører fra:

- Egenspændingerne i Skinnen, der i Størrelse og Fordeling afhænger af Skinnemateriale og Fremstilling, især af Retningen efter Valsningen.
- Indspændingsspændingerne, der har deres Aarsag i, at Skinnen kan fastholdes i krum Stilling i Ballasten paa Grund af Skinnens Fastgørelse til Svellen og paa Grund af Modstanden mod Sporets Sideforskydning.
- Temperaturspændinger.
- Driftspændinger, der er de Spændinger, som Akseltrykkene frembringer; Virkningerne af Sidetryk er endnu ikke helt klarlagt.

2. BALLASTTALLET

Undergrund og Ballast trykkes sammen under Belastningen. Denne Sammentrykning er dels blivende og dels elastisk. Den blivende Nedtrykning fremkommer ved nylig understoppet Spor, indtil dette er kommet i Ro, og yderligere Nedtrykning kan betragtes som elastisk, alt dog kun under den Forudsætning, at Overbygningen er rigtig dimensioneret.

Man har for det af Ballasten paa Arealenhed af Svellerne udøvede Modtryk indført Betegnelsen *Ballasttrykket*. *Winkler* sætter Ballasttrykket p proportionalt med Svellernes Nedtrykning y d. v. s.

$$p = C \cdot y,$$

hvor C er en Konstant, *Ballasttallet*, hvis Værdi afhænger af Ballastens og Underbygningens Beskaffenhed. Ballasttallet angiver paa en vis Maade Ballastens Værdi. Et større Ballasttal betyder en fastere Understøttelse af Sporet, altsaa en mindre Nedbøjning. Ballasttallet er det paa Arealenheden virkende Tryk, der giver en Nedtrykning paa 1 cm, da for

$$y = 1 \text{ cm}$$

$$p = C \text{ kg}$$

$$C = \frac{p}{y} \text{ kg/cm}^2 : \text{cm} = \text{kg/cm}^3$$

C er altsaa 1, naar der for et Fladetryk paa 1 kg/cm² fremkommer en Nedtrykning paa 1 cm.

Ved Forsøg er fundet følgende Værdier af Ballasttallet for tørt Vej og gammel Ballast

Grus uden Paklag paa let Lerjord	$p = \text{ca. } 3$
- med - - - -	$p = \text{ca. } 4,5$
- - - - fast Dæmning	$p = \text{ca. } 8$
Skærver uden Paklag paa fast Dæmning	$p = \text{ca. } 6$
- med - - - -	$p = \text{ca. } 15$

Paa Grund af den ringe Nøjagtighed, man kan regne med, bruges ofte for Grus et Ballasttal 3 og for Skærver 8; for bedste Skærveballast paa Paklag kan man maaske regne med 15.

Fast Undergrund forøger væsentlig Ballastens Værdi, men dette kan ogsaa opnaas ved Anvendelse af et Paklag og i mindre Grad ved et Underlag af skarpt Grus eller Sand.

Af Værdierne for Ballasttallet vil man kunne se den Indflydelse, Ballastmaterialet har, og at Ballasttallet aftager, naar Undergrunden giver efter. Et Paklag vil baade for Grus- og Skærveballast forøge Ballasttallet. Ved Tromling af Paklaget har man ment at kunne forhøje Ballasttallet.

Ved at forhøje Ballasttallet fra 3 til 8, reducerer man tilnærmelsesvis de elastiske Formforandringer til $\frac{3}{8}$; de blivende Nedtrykninger vil da ogsaa blive mindre og indtræde senere, og Arbejdet ved Sporets Vedligeholdelse vil blive mindre og billigere.

Da Nedtrykningen ikke er rent elastisk, kan Ballasttallet ikke være et helt konstant Tal men maa være afhængigt af Nedtrykningens Dybde. Ballasttallet kan desuden være forskelligt efter den trykoverførende Flades Størrelse og Form. Men Afvigelserne er saa smaa, at de intet betyder i Forhold til den Nøjagtighed, der kan opnaas.

Ballasttallet er sandsynligvis forskelligt efter den Dybde, hvori den trykoverførende Flade ligger i Ballasten. Man burde derfor ikke anvende samme Ballasttal for en Jernsvelle, der ligger højt oppe i Ballasten, som for en Træsvelle, der ligger dybere i Ballasten.

Ballasttallet er forskelligt efter den Tæthed, hvortil Ballasten er understoppet. Ogsaa her har Træsveller Fordele for Jernsveller, inden i hvilke Stopningen ikke kan blive helt regelmæssig. Ballasttallet bliver desuden mindre paa Steder, hvor Rystelserne fra Kørslen løsner Sammenhængen i Ballasten, saa Bæreevnen forringes.

Anvendelse af en god Ballast er et af de virksomste Midler til at forøge en Overbygnings Ydeevne og Levedygtighed.

Ballasttallet er afhængigt af Vejret. Opblødes Undergrunden af længere Tids Regn, bliver Ballasttallet mindre. Bliver Undergrunden fastere, f. Eks. som Følge af Frost, bliver Ballasttallet større.

Resultaterne af nogle i den nyeste Tid foretagne Undersøgelser over Bal-

lasttallet viste, at de indtil nu almindeligt benyttede Værdier skulde være for smaa, og at i første Række ikke Ballasten men Undergrunden øver den største Indflydelse paa Værdien af Ballasttallet. Hvis dette virkelig er Tilfældet, er det umuligt for en bestemt Overbygning (Skinner, Sveller og Ballast) at udføre en Beregning paa Grundlag af et Ballasttal; det kan vel ikke engang ske for Overbygningen paa en bestemt Strækning, da Undergrundens Beskaffenhed kan være forskellig paa forskellige Steder af Strækningen og virkelig ogsaa er det, saa man under visse Forhold for hver Kilometer vilde faa andre regningsmæssige Spændinger.

Antallet af Iagttagelser har dog ikke været saa stort, at endelige Slutninger har kunnet drages.

3. SVELLERNES BEREGNING

En Beregning af Svellerne udføres sjældent, da Valget af Svelledimensionerne ofte er bestemt af praktiske Grunde; men man kan ved Valget af en passende Svelle ligesom ved Valget af en god Ballast i væsentlig Grad bidrage til at forstærke Sporet.

Skal man foretage Beregning af en Svelle, kan det gøres paa den Maade, at man tænker sig en Aksel staaende lige over Svellen og Svellen understøttet foroven ved Skinnerne og paa Undersiden paavirket af en Belastning svarende til Akseltrykket.

Dette Ballastens Tryk paa Svellens Underflade kan tænkes fordelt paa forskellig Maade.

1) Udøver hver Skinne et Tryk P mod Svellen, kan man med Tilnærmelse antage, at Trykket $2P$ af hele Svellens Underflade overføres som et ensformig fordelt Tryk paa Ballasten. Ballasttrykket bliver da

$$p = \frac{2 \cdot P}{l \cdot b}$$

hvor l er Svellens Længde, b dens Bredde. Er Ballasttallet C , bliver Nedtrykningen

$$y = p : C.$$

Tænker man sig nu, at Svellen er understøttet af Skinnetrykkene, og at Ballasttrykket virker som en ensformig fordelt Belastning, bliver Momentet fra den overhængende Dragerdel i Understøtningspunktet

$$M = \frac{P \cdot t^2}{l}$$

hvor t er Afstanden fra Skinnemidte til Svelleende. Tilnærmelsen er desto bedre, jo stivere Svellen er.

2) *Engesser* gaar ud fra, at Ballastens Tryk fordeler sig parabolisk over de understoppede Afsnit af Svellen, og faar de følgende tilnærmede Formler for Tværsvellen:

Største bøjende Moment (under Skinnen) bliver

$$M = \frac{P \cdot t^2}{2 u} \left(1 - \frac{\varphi}{2} \right)$$

største Ballasttryk

$$p = \frac{P}{u \cdot b} (1 + \varphi)$$

hvor

$$\varphi = \frac{1}{\frac{24 E_1 I_1}{C \cdot b t^4} + \frac{11}{15}}$$

Engesser forudsætter, at et 10—20 cm langt Stykke i Midten af Svellen ikke er eller i hvert Fald kun er saa let understoppet, at det ikke bidrager til Overføring af Trykket. Længden af de to bærende Svelledele kaldes u , saa u f. Eks. for en Svellelængde paa 250 cm maa sættes til 120 til 115 cm. Desuden er P Skinnetrykket fra hvert Hjul, t Længden af den overragende Svelleende, b Svellebredden, E_1 og I_1 Elasticitetskoefficient og Inertimoment for Svellen og C Ballasttallet (i kg og cm).

3) *Zimmermann*¹⁾ har gennemført en Beregning af Tværsvellen og gjort den praktisk brugbar ved for de komplicerede Udtryk for Moment, Nedtrykning og Ballasttryk i Tabel at opføre en Række Konstanter η_0 η_p η_λ μ_0 og μ_p som Funktion af Svelledimensionerne. Han gaar ud fra ensformig Understopping af Svellen i hele dens Længde

¹⁾ Zimmermann: Die Berechnung des Eisenbahnoberbaues. Berlin 1941.

	Ved Svellens Midte	Ved Skinnerne	Ved Svelleenderne
Bøjningsmoment i kgem ..	$M_0 = \frac{P}{2 k_1} [\mu_0]$	$M_r = \frac{P}{2 k_1} [\mu_\rho]$	$M_l = 0$
Nedtrykning i cm	$y_0 = \frac{P \cdot k_1}{C \cdot b} [\eta_0]$	$y_r = \frac{P k_1}{C \cdot b} [\eta_\rho]$	$y_l = \frac{P \cdot k_1}{C \cdot b} [\eta_\lambda]$
Ballasttryk i kg/cm ²	$p_0 = \frac{P \cdot k_1}{b} [\eta_0]$	$p_r = \frac{P \cdot k_1}{b} [\eta_\rho]$	$p_l = \frac{P \cdot k_1}{b} [\eta_\lambda]$

$$k_1 = \sqrt[4]{\frac{b \cdot C}{4 E' p}}$$

For at beregne Reaktionen P gør han to Antagelser; den ene (I) er, at Hjultrykket G fordeler sig over tre Sveller, og at Skinnens Længde kun er

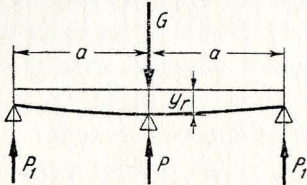


Fig. 108. Belastningstilfælde I til Bestemmelse af Skinnetryk P .

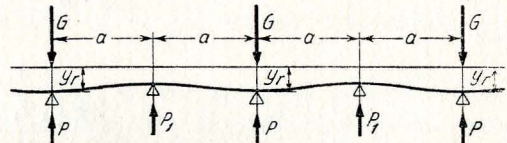


Fig. 109. Belastningstilfælde II til Bestemmelse af Skinnetryk P .

to Svelleafstande (Fig. 108). Den anden Antagelse (II) forudsætter en uendelig lang Skinne med et Hjul staaende over hver anden Svelle (Fig. 109). For Fig. 108 er Reaktionen mod Skinnen:

$$P = \frac{\gamma + 2}{3 \gamma + 2} \cdot G \quad (1)$$

og for Fig. 109

$$P = \frac{4 \gamma + 1}{8 \gamma + 1} \cdot G \quad (2)$$

hvor $\gamma = \frac{B}{D}$ er Forholdet mellem Skinnenedbøjningstrykket og Svellenedbøjningstrykket. Skinnenedbøjningstrykket er Maal for Skinnens Stivhed.

$$B = \frac{6 EI}{a^3}$$

hvor E er Skinnestaalets Elasticitetskoefficient og I Skinnens Inertimoment.

For $y_r = 1$, bliver $P = D$. Svellenedbøjningstrykket er

$$D = \frac{b \cdot C}{k[\eta\rho]} \quad (3)$$

det er den Kraft, der paa Belastningsstedet trykker Svellen 1 cm ned.

Under disse Forudsætninger varierer Skinnetrykket P omtrent mellem 0,7 og 0,5 G ; med det efter Ligning (1) eller (2) fundne P beregnes efter de i ovenstaaende Tabel angivne Ligninger det bøjende Moment for Tværsvellen samt dens Nedbøjning og Tryk mod Ballasten.

4. LASKERNES BEREGNING

Slidet i Stødene foregaar navnlig ved Stødfugen og ved Laskeenderne, saa man kan tænke sig en Kraftfordeling som vist i Fig. 110. Lasketrykket R beregnes af Formlen

$$R = \frac{(1 + 2 \alpha_1) \gamma + (2 + 3 \alpha_1) \alpha_1 \div \alpha_0^2}{4 \alpha_0} \cdot G \div \frac{\varepsilon}{2 \alpha_0^2} \cdot B \quad (4)$$

$$1 + \gamma + 3 \alpha_1 \div \alpha_0 \left(2 \div \frac{I}{i} \right)$$

Her er

$$\alpha_0 = \frac{a_0}{a}; \quad \alpha_1 = \frac{a_1}{a}; \quad i = \text{Laskeparrets Inertimoment.}$$

$\varepsilon =$ Middelspillerummet mellem Lasker og Skinner, der ved nye Lasker og Skinner = 0.

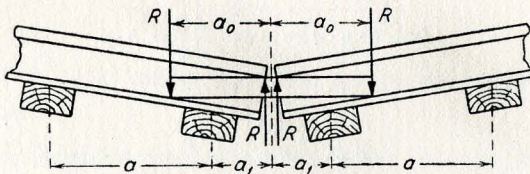


Fig. 110.

Det største bøjende Moment i Laskerne er

$$M = R \cdot a_0$$

idet der gaas ud fra, at de to Midtekræfter R praktisk taget angriber i eet Punkt i Midten.

De fleste Spor har som Regel større Paavirkning i Lasker end i Skinner; Laskerne bør dimensioneres saa kraftige som muligt; man forlanger som Regel, at Laskeparrets Inertimoment skal være lig Skinnens.

Lange Lasker virker gunstigt for Stødet. Ganske vist vokser, som Formlen viser, Momentet med Laskelængden, men samtidig aftager Lasketrykket, saa Slidet mellem Lasker og Skinner bliver mindre, og dette bevirker, at Konstruktionen bliver mere holdbar. En Forbedring af Ballasten, altsaa en Forøgelse af Ballasttallet og en Formindskelse af Stødsvelleafstanden vil bevirke en Forbedring af Stødet.

En Overbygningsberegning er egentlig ikke fuldstændig, naar den ikke angiver, hvorledes Lasken skal beregnes. Men naar en Beregning af den gennemgaaende Skinne er saa vanskelig, som Tilfældet er, kan det betragtes som udelukket, at man kan angive en blot nogenlunde rigtig Beregning af Lasken, hvor Forholdene er meget vanskeligere at faa fat i. Laske-spørgsmaalet maa derfor anses for et rent konstruktivt Spørgsmaal.

5. SKINNERNES BEREGNING

a. Bøjningslinien for en Drager paa elastiske Understøtninger.

Det forudsættes, at der kun virker lodrette Kræfter, der angriber i Skinnemidten og er jævnt fordelt paa Fladeenheden (p). Er Skinnens Bredde b , bliver den jævnt fordelte Belastning $b \cdot p$.

For et Tværsnit i Afstand x fra et vilkaarligt Begyndelsespunkt er det bøjende Moment M , Transversalkraften Q og Ligevægtsbetingelsen:

$$\frac{dM}{dx} = Q$$

og

$$dQ = b \cdot p \cdot dx \quad \text{og} \quad \frac{dQ}{dx} = b \cdot p.$$

Differentieres $\frac{dM}{dx} = Q$ faas

$$\frac{d^2 M}{dx^2} = \frac{dQ}{dx} = b \cdot p$$

Ligningen for Bøjningslinien for en belastet Stang er

$$M = \div E \cdot I \frac{d^2 y}{dx^2} \quad (E \text{ Elasticitetskoefficienten, } I \text{ Inertimomentet})$$

Ved Differentiation faas:

$$\frac{dM}{dx} = \div E \cdot I \frac{d^3 y}{dx^3}$$

og ved ny Differentiation

$$\frac{d^2 M}{dx^2} = \div E \cdot I \frac{d^2 y}{dx^2} = b \cdot p.$$

Da $p = C \cdot y$, bliver

$$E \cdot I \frac{d^2 y}{dx^2} = \div b \cdot p = \div C \cdot b \cdot y$$

Sættes for at simplificere

$$\sqrt[4]{\frac{C \cdot b}{4 E \cdot I}} = k; \quad \frac{C \cdot b}{E \cdot I} = 4 k^4$$

bliver

$$\frac{d^4 y}{dx^4} = \div \frac{C \cdot b}{E \cdot I} \cdot y = \div 4 \cdot k^4 y$$

Ved 4 dobbelt Integration faas Ligningen for Bøjningslinien i endelig Form (*Winkler*)

$$y = A \cdot e^{kx} \cdot e^{ikx} + B \cdot e^{kx} \cdot e^{-ikx} + C \cdot e^{-kx} \cdot e^{-ikx} + D \cdot e^{-kx} \cdot e^{ikx}$$

e er Grundtallet for de naturlige Logarithmer, $i = \sqrt{-1}$, medens A , B , C og D er Integrationskonstanter. Omdannes denne Ligning, og indføres $k \cdot x = \xi$, $A + B = \frac{1}{2} U_1$, $C + D = \frac{1}{2} U_2$ ($A - B$) $i = \frac{1}{2} V_1$ og $\div (C \div D) \cdot i = \frac{1}{2} V_2$ faar man den endelige Form, som Zimmermann benytter:

$$y = \frac{1}{2} [(U_1 \cdot e^{\xi} + U_2 \cdot e^{-\xi}) \cos \xi + (V_1 \cdot e^{\xi} + V_2 \cdot e^{-\xi}) \sin \xi]$$

For de forskellige Belastningstilfælde og Skinneanordninger maa i denne Ligning Integrationskonstanterne U_1 , U_2 , V_1 og V_2 bestemmes. Hovedindholdet i *Zimmermanns* Værk om Overbygningens Beregning gaar ud paa Beregning af disse Konstanter. I sin teoretiske Form egner Metoden sig ikke til praktisk Brug, men Zimmermann har angivet en tilnærmet Form, som stemmer ganske godt med den teoretiske.

Professor Dr. *Mitjuschin* har foreslaaet, at Beregning af Skinnerne ikke som hidtil almindeligt foretages ved Skinnemidten men ved Skinnestødene som den svageste Del af Skinnen. Han antager, at det nedkørte og nedbøjede Skinnestøds Form svarer til Hyperblen:

$$y = \frac{a}{x^2 + b^2}$$

og paa Grundlag heraf sætter han den totale Nedbøjning af et Stød under rullende Belastning:

= Nedbøjning ved ubelastet Spor + statisk Nedbøjning under Belastningen + Tillægsnedbøjning under bevægelig Belastning ved Virkningen af den rullende Belastnings Hastighed.

Ved Taleksempler fra iagttagne Nedbøjninger ved nedkørte Stød og forskellige Hastigheder af Toget paaviser *Mitjuschin*, at Tillægsnedbøjningen

af Stødene under bevægelig Belastning er meget væsentlig afhængig af den forhaandenværende Nedbøjning af Stødene, før Belastningen indtræder eller med andre Ord af Sporets Vedligeholdelse.

b. Beregningsmetoder.

1. *Winklers Metode.*

En Skinne kan nærmest betragtes som en kontinuerlig Bjælke over uendelig mange Understøtninger, der belastes med et Antal Enkeltkræfter. For alle Mellemkrafter vil Skinnen være belastet paa begge Sider af de Sveller, mellem hvilke det paagældende Hjultryk virker, og nærmest forholde sig som en Bjælke, der er indspændt i begge Ender; men for det første og sidste Hjul i Toget er Skinnen ubelastet paa den ene Side af det Fag, hvor Hjulene virker, og derfor vil den ene Svelle nærmest virke som en simpel Understøtning, den anden — henimod Togmidten — derimod som en Indspænding. Momentet vil da omtrent faa samme Værdi som i en Bjælke, der er indspændt i den ene Ende og simpelt understøttet i den anden. Over Indspændingen er Momentet:

$$M = \frac{3}{16} \cdot G \cdot a = 0,1875 G a,$$

hvor G er Hjultrykket og a Svelleafstanden.

Winkler har, idet han betragter Svellernes Beliggenhed som fast og værende i samme Højde, fundet følgende størst mulige Værdi for Momentet i den kontinuerlige Bjælke $M = 0,1888 \cdot G \cdot a.$ (5)

Dette Udtryk er meget ofte blevet benyttet til Beregning af Skinnerne, men man maa huske, at Skinnernes (og ogsaa Svellernes) Paavirkning vanskeligt kan findes nøjagtigt, da deres Virkemaade under de ydre Kræfters Paavirkning ikke kan bestemmes nøjagtigt (Fig. 111).

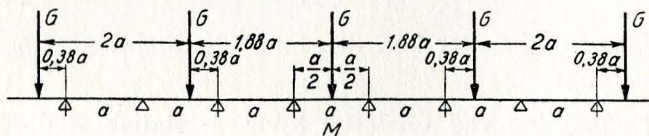


Fig. 111. Belastning, der giver største Moment M efter *Winkler*.

Forudsætningen for denne Formel var blot, at Hjultrykkene var lige store, og at der aldrig kom til at staa mere end et Hjul mellem to Sveller.

De tre væsentligste Indvendinger mod *Winkler's* Beregning er:

1. Understøtningspunkterne ligger ikke fast, men giver efter under Belastningen.
2. Akselafstandene er ikke lige store og ikke som forudsat ved Beregningen.
3. Akseltrykkene er ikke lige store, men afviger meget væsentlig fra hinanden, og dermed bliver ogsaa Virkningen paa det bøjende Moment forskellig.

Ved den angivne Størrelse af Momentet er der ikke taget Hensyn til, at Toget er i Bevægelse; dette har man gjort ved at beregne det Tillæg til Momentet, som Centrifugalkraften, hidrørende fra Hjulenes Bevægelse i de flade Buer, der fremkommer ved Skinnens elastiske Nedbøjning, giver. Er Krumningsradius i denne flade Bue ρ , bliver Centrifugalkraften

$$C = \frac{G \cdot v^2}{g \rho}.$$

For et største bøjende Moment M kan Nedbøjningen paa Midten med Tilnærmelse sættes til

$$\delta = \frac{1}{8} \frac{M l^2}{E I}.$$

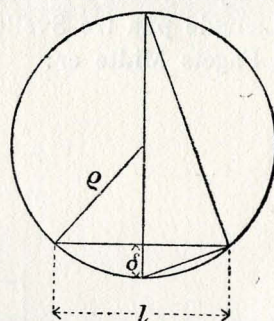


Fig. 112.

Til Bestemmelse af Krumningsradius ρ har man (Fig. 112).

$$\frac{\delta}{\frac{l}{2}} = \frac{\frac{l}{2}}{2 \rho}$$

hvoraf

$$\rho = \frac{l^2}{8 \delta} = \frac{E I}{M}.$$

Hjultrykket bliver da ialt

$$G + C = G \left(1 + \frac{v^2}{g \rho} \right) = G \left(1 + \frac{M v^2}{g E \cdot I} \right)$$

og Momentet vil blive forøget fra 0,1888 Pl til

$$M = 0,1888 G \left(1 + \frac{M v^2}{g E I} \right) l,$$

hvoraf

$$M = \frac{0,1888 G l}{1 \div \frac{0,1888 G l v^2}{g \cdot E \cdot I}} \quad (6)$$

M faas udtrykt i kgcm, naar P angives i kg, l i cm, v i cm pr. Sekund, g i cm ($= 981$), E i kg pr. cm² ($= 2100000$) og I i cm⁴.

2. Zimmermanns Metode.

For at beregne det bøjende Moment for Skinnen antager *Zimmermann*, at Hjultrykket G fordeler sig paa fire Sveller, og at Skinnen har en begrænset Længde paa tre Svelleafstande (Fig. 113). Momentet under Hjultrykket G i Fagets Midte er:

$$M = \frac{8 \gamma + 7}{4 \gamma + 10} \cdot \frac{G \cdot a}{4} \quad (7)$$

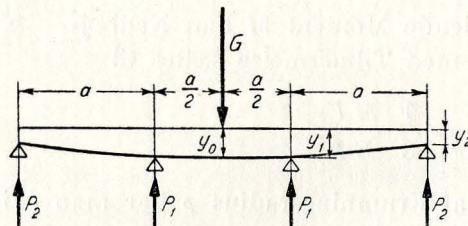


Fig. 113. Belastningstilfælde »Zimmermann« til Bestemmelse af bøjende Moment i Skinnen.

Andre har forudsat andre Belastningstilfælde. *Engesser* gaar ud fra en uendelig lang Skinne med regelmæssigt over hele Længden fordelte Belastninger, der staar midt i hvert tredje Svellemellemrum (Fig. 114). Momentet bliver

$$M = \frac{19 \delta + 4}{3 \gamma + 1} \cdot \frac{G \cdot a}{24} \quad (8)$$

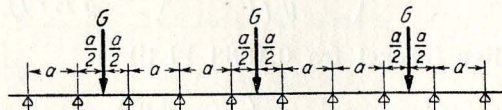


Fig. 114. Belastningstilfælde »Engesser«.

Schwedler regner med en begrænset Skinnelængde over otte elastiske Understøtninger med et Hjultryk i Skinnens Midte (Fig. 115). Man faar da et Moment.

$$M = \frac{32 \gamma^3 + 524 \gamma^2 + 568 \gamma + 97}{4 \gamma^3 + 194 \gamma^2 + 330 \gamma + 71} \cdot \frac{G \cdot a}{8} \quad (9)$$

Bortset fra den Begrænsning, at *Zimmermanns* Formel kun regner med et enkelt Hjul og 4 Understøtninger, stemmer den kun overens med Virkeligheden, hvis de enkelte Hjul følger efter hinanden med saa store Afstande, at Deformationskurverne fra de forskellige Hjultryk ikke griber ind over hinanden. Følger Hjulene tættere efter hinanden, vil der fra en Belastning til en anden blive overført et Indspændingsmoment, hvorved de bøjende Momenter formindskes.

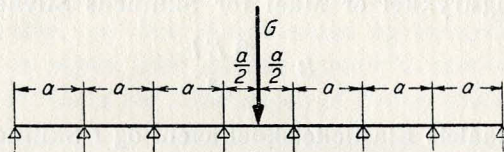


Fig. 115. Belastningstilfælde »Schwedler«.

Dette er f. Eks. Tilfældet ved *Loewes* Belastningsforslag (Fig. 116). Ved dette bliver Momentet under Midtehjulet forholdsvis lille, da det formindskes ved Virkningen af Nabohjulene.

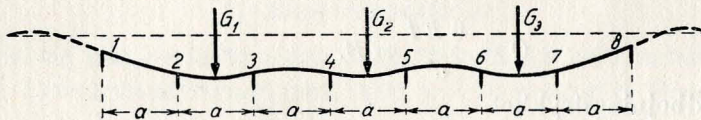


Fig. 116. Belastningstilfælde »Loewe«.

For disse bliver Momenterne større, da der kun findes et Nabohjul til den ene Side.

Sammenligner man Resultaterne af *Zimmermanns*, *Engessers*, *Schwedlers* og *Loewes* Formler, faas for forskellige Værdier af γ det bøjende Moment:

$$M = K \cdot G \cdot a$$

med Værdier af K efter omstaaende Tabel.

Værdier af K for $\gamma =$

Bøjende Moment i Skinnen efter	0,0	0,2	0,5	0,6	1,0	2,0	3,0	4,0
Zimmermann (7)	0,175	0,199	0,229	0,238	0,268	0,319	0,352	0,375
Engesser (8)	0,167		0,225		0,240	0,250		0,256
Schwedler (9)	0,171		0,226		0,255	0,291		0,337
Loewe Midtehjul		0,187		0,183	0,182	0,185	0,193	0,204
Loewe Yderhjul		0,193		0,213	0,227	0,253	0,271	0,286

Den i ovenstaaende Formler for Momentet benyttede Betegnelse γ er bestemt ved

$$\gamma = \frac{B}{D} = \frac{\text{Skinnenedbøjningstrykket}}{\text{Svellenedbøjningstrykket}} \quad (10)$$

Skinnenedbøjningstrykket er Maal for Skinnens Stivhed.

$$B = \frac{6 EI}{a^3} \quad (11)$$

hvor E er Skinnestaalets Elasticitetskoefficient og I Skinnens Inertimoment. B er den Belastning, som anbragt midt imellem to Sveller med Afstand $2 a$ med simpelt understøttet Skinne giver en Nedbøjning af Skinnen = 1. For en Belastning Q er nemlig Nedbøjningen

$$\delta = \frac{Q l^3}{48 EI} = \frac{Q 8 a^3}{48 EI} = \frac{Q a^3}{6 EI}$$

og for

$$\delta = 1$$

$$Q = \frac{6 EI}{a^3} = B.$$

Svellenedbøjningstrykket

$$D = \frac{b \cdot C}{k \cdot [\eta_\rho]} \quad (12)$$

er det Tryk mod Understøtningen, som bevirker en Nedtrykning af denne = 1. I Udtrykket for D er (som ovenfor)

$$k = \sqrt[4]{\frac{b \cdot C}{4 E_1 I_1}} \quad (13)$$

hvor b er Svellens Bredde, E_1 og I_1 dens Elasticitetskoefficient og Inertimoment og C Ballasttallet. $[\eta_\rho]$ tages efter Zimmermanns Tabeller.

Ved Jernsveller afhænger D alene af, hvor meget Svellen i et Punkt under Skinnen trykkes ned i Ballasten. Ved Træsveller kommer hertil endnu Træets Sammentrykning, saa man faar

$$\frac{1}{D} = \frac{1}{D_1} + \frac{1}{D_2}$$

D_1 er Svellenedbøjningstrykket som ovenfor, D_2 den Kraft, der kræves til at sammentrykke Svellen 1 cm. D_2 er for Overbygninger uden Underlagsplader antaget at være 17,5 ts, med Underlagsplader 35—40 ts.

For $\gamma = 0$ (ikke elastisk Understøtning) faas mindre Værdier end 0,1888, da denne Værdi af *Winkler* er fundet som størst mulig Værdi for en bestemt Stilling af Belastningen. Ved ganske ringe Elasticitet $\gamma = 0,5$ springer Momentet straks op paa $0,23 G \cdot a$ for, naar Elasticiteten af Undergrunden vokser yderligere, at stige, og efter *Zimmermann* og *Schwedler* ret stærkt, fordi der af dem kun er regnet med enkelte Hjultryk, medens Tilvæksten efter *Engesser* er svagere, fordi her Virkningen af Nabotrykkene gør sig kendelig i gunstig Retning.

Af udførte Forsøg fremgaar, at der er en kendelig Forskel mellem de beregnede Momenter og Forsøgenes Resultater, der viser, at Momentet fra et Hjultryk formindskes ved Virkningen af Nabohjultrykkene; det synes ønskeligt, at man kan tage Hensyn til Afstanden mellem Akslerne og samtidig naa til Formler, der er lettere at anvende.

3. Akselafstandsformel.

Efter Forsøg paa de hollandske Baner blev det i 1923 anbefalet at anvende en Akselafstandsformel (*van Dijk*) ved Beregning af Overbygningen.

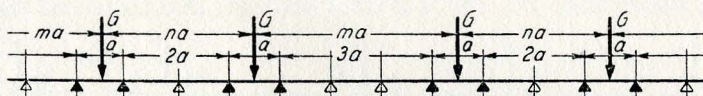


Fig. 117. Belastning for den almindelige Akselafstandsformel.

Ved Opstilling af Akselafstandsformlen antages vilkaarligt en Belastning efter Fig. 117, hvor Akseltrykkene staar i Fagenes Midte og afvekslende har Afstandene $m \cdot a$ og $n \cdot a$ i ubegrænset Antal; a er Tværsvelleafstanden og m og n vilkaarlige hele Tal.

Naar Svellerne ved Belastningen enten slet ikke trykkes ned, eller alle samme Maal, forbliver Skinnen kun i Berøring med de to Sveller umiddelbart paa begge Sider af Belastningen (Fig. 118).

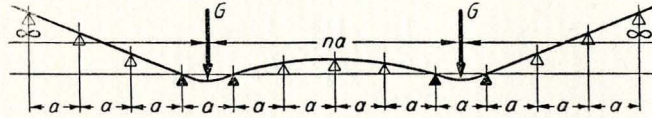


Fig. 118. Belastning for Akselafstandsformel for Endeaksler.

Det kan da antages, at Tværsvellerne i de ubelastede Fag ikke findes, og at Skinnen her vægtløs løfter sig fra Underlaget. Nedbøjningen af Skinnen former sig da for Tilfældet med Endeakslerne efter Fig. 118 og for Tilfældet med en Endeaksel efter Fig. 119. Da Skinnedelene ∞A og $B \infty$ som vægtløse er uvirksomme, bliver for Skinnen $A-B$ som simpelt understøttet Bjælke paa to Understøtninger efter Fig. 119 Momentet $0,25 G a$ efter (16). Der er altsaa set bort fra Virkningen af Overbygningens Egenvægt, en Simplifikation, der gøres ved enhver Overbygningsberegning, og som er tilladelig med den Tilnærmelse, der hæfter ved enhver af disse Beregninger, skønt Udeladelsen ikke er af helt ringe Betydning.

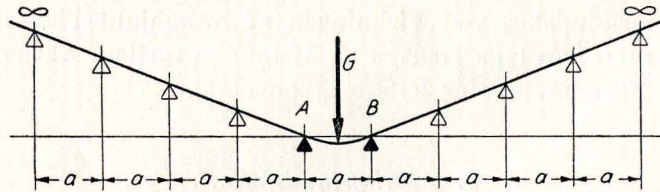


Fig. 119. Belastning for en Endeaksel.

Man skal beregne den efter Fig. 120 belastede Drager; man har med ligestore Belastninger G med vekslende Afstande $m \cdot a$ og $n \cdot a$ at gøre, hvor a er Svelleafstanden, og Feltlængderne regel-

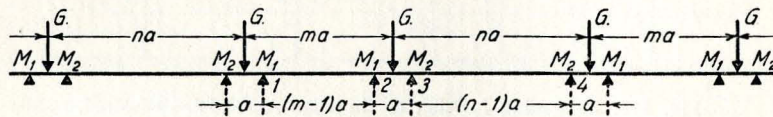


Fig. 120.

mæssigt veksler mellem a , $(m-1)a$, a og $(n-1)a$. Momentligningerne bliver:

$$(m-1) a \cdot M_1 + 2 m \cdot a M_1 + a M_2 = \div \frac{2}{3} G \cdot a^2$$

$$a \cdot M_1 + 2 na M_2 + (n-1) \cdot a M_2 = \div \frac{2}{3} G \cdot a^2$$

hvoraf faas:

$$M_2 = \frac{3m-2}{3n-2} \cdot M_1$$

og

$$M_1 = \frac{3n-2}{8[3mn-(m+n)]} \cdot G \cdot a$$

og

$$M_2 = \frac{3m-2}{8[3mn-(m+n)]} \cdot G \cdot a$$

For Momentet M_0 under Belastningen for en Mellemaksel finder man heraf

$$M_0 = \frac{1}{4} G \cdot a - \frac{M_1 + M_2}{2} = \frac{12m \cdot n - 7(m+n) + 4}{16[3mn-(m+n)]} \cdot G \cdot a \quad (14)$$

Sættes $m = \infty$, faar man Formlen for Momentet under første eller sidste Hjul i en Belastningsrække:

$$M_0 = \frac{12n-7}{16(3n-1)} \cdot G \cdot a \quad (15)$$

Er ogsaa $n = \infty$, faar man Belastning med en enkelt Aksel

$$M_0 = \frac{G \cdot a}{4} = 0,25 \cdot G \cdot a \quad (16)$$

Det ligger mindre nær at antage, at alle Hjul staar midt mellem Svellerne. Man maa derfor gøre sig klart, hvilken Fejl, der kan fremkomme ved denne Antagelse. Den største Afvigelse fra Antagelsen fremkommer, naar hvert andet Hjul ikke staar midt mellem to Tværsveller, men lige over en Svelle. Beregningerne er gennemført for lige store Akselafstande; ved ulige store Akselafstande vilde man ikke naa til et væsentligt andet Resultat. Forskellen er for en Overbygningsberegning saa ringe, 6—7%, at der kan ses bort fra den. Desuden fører Forudsætningen til større Momenter; den er altsaa paa den sikre Side.

Ligningerne (14) og (15) lader Momenterne aftage, naar Naboakserne rykker hinanden nærmere og fra $0,25 G a$ for en Enkeltaksel ned til

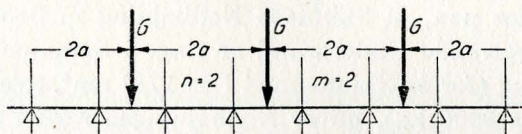


Fig. 121. Belastning, der giver mindste Moment efter Akselafstandsformlen.

$0,1875 G \cdot a$ for $m = 2$ og $n = 2$ (Fig. 121), hvilket omtrent svarer til *Winklers* Ligning $M = 0,1888 G a$, men Belastningsforudsætningerne er

ogsaa omtrent de samme. Mindre Værdier af m og n kan ikke tænkes, da mindre Akselafstande ikke findes.

Ligning (14) og (15) er let anvendelige Formler, der paa simpel Maade tager Hensyn til Virkningen af forskelligt store Akselafstande.

Akselafstandsformlens Resultat er dog alligevel utilfredsstillende, hvilket ogsaa fremgaar af anstillede Forsøg:

— de ved forskellige Vogne forekommende virkelige Akselafstande kommer ikke til Anvendelse, fordi man maa regne med en tænkt Akselafstand, der ikke helt svarer til de virkelige Forhold.

— det er ikke muligt at tage Hensyn til den gensidige Virkning af ulige store Hjultryk.

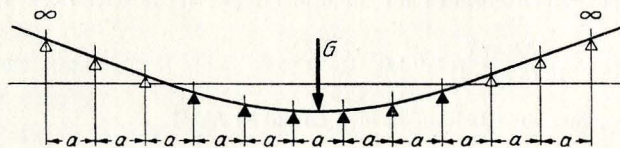


Fig. 122. Nedbøjning ved Belastning med en Enkeltkraft.

— der tages ikke Hensyn til Ballasttallet og dermed til Tværsvellernes Nedtrykning; dette fører til Antagelser, der ikke svarer til Virkeligheden. Fig. 119 er et Eksempel herpaa; det ligger nærmere at tænke sig Svellerne A og B eftergivende, og man burde da maaske snarere tænke sig en Nedtrykning som vist i Fig. 122.

— Nabobelastningens gunstige Virkning paa Momentet synes for lille. Maalinger har givet, at Virkningen af Naboaksler paa Momentet i hvert Fald er større, end Akselafstandsformlen viser, hvilket hænger sammen med, at der ikke tages Hensyn til Underlaget, og dette har Indflydelse paa Størrelsen af Spændingerne, ogsaa naar Jorden kun giver lidt efter. Afvigelsen kan maaske naa op indtil 15%.

4. Længdedragerberegning.

Hvis man tænker paa, at Skinnens Nedbøjning mellem to Tværsveller som Følge af eftergivende Undergrund er ringe i Sammenligning med den samlede Nedbøjning (for en Skinne med $I = 1781 \text{ cm}^4$, Svelleafstand 70 cm og et Hjultryk paa 8000 kg), bliver Nedbøjningen regnet som for en simpelt understøttet Bjælke mellem to Sveller

$$f = \frac{Pl^3}{48 E \cdot I} = \text{ca. } 0,15 \text{ mm,}$$

medens den samlede Nedbøjning som Følge af eftergivende Undergrund bliver 10—20 Gange saa stor.

Den Tanke ligger da nær at erstatte Tværsvelleunderstøtningen med en tænkt Længdeunderstøtning, som i sin Virkning paa Skinnerne kommer Virkningen af de virkelig anvendte Tværsveller meget nær; for denne tænkte Understøttelsesmaade anvendes saa den simplere Beregningsmaade for en Langsvelleoverbygning.

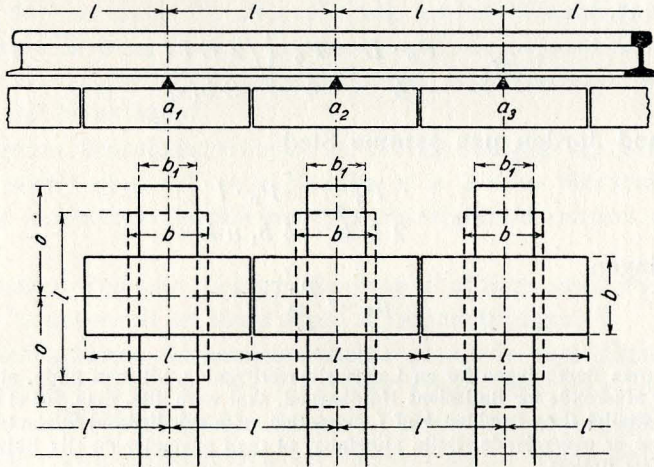


Fig. 123. Tænkt Længdeunderstøtning, der erstatter Tværsvellerne.

Tænker man sig efter Fig. 123 en Tværsvelle af Bredde b_1 og Længde $2u$ erstattet af et Svellestykke med Længde lig Tværsvelleafstanden l og drejet i Retning af Sporets Midteakse, faar man en Længdeunderstøtning med Bredde b , der tilsyneladende kan erstatte den virkelige Tværsvelle ud fra den Forudsætning, at de understøttende Flader før og efter den tænkte Drejning skal være lige store. Denne Betingelse opfyldes, hvis

$$b = \frac{b_1 \cdot 2u}{l}. \quad (17)$$

Tænkes Tværsvelleoverbygningen omformet til en Langsvelleoverbygning og beregnet i Overensstemmelse hermed, beregner man en Grundværdi

$$L = \sqrt[4]{\frac{2EI}{C \cdot b \cdot u}},$$

hvor

E er Skinnestaalets Elasticitetskoefficient,
 I Skinnens Inertimoment,
 C Ballasttallet,
 b Bredden af Tværsvellen,
 u Tværsvelleendens Afstand fra Skinnemidten,
 l Svelleafstanden.

Man benytter som det Moment, Skinnen skal optage paa det Sted, hvor Hjulet P_0 staar,

$$M_0 = \frac{P_0 \cdot L}{4} = \frac{P_0}{4} \sqrt[4]{\frac{2 E I l}{C b_1 u}} \quad (18)$$

Trykket mod Jorden paa samme Sted

$$p_0 = \frac{P_0}{2 b L} = \frac{P_0 \cdot l}{4 b_1 u L} \quad (19)$$

og Nedtrykningen

$$y_0 = \frac{p_0}{C} \quad (20)$$

Gennemfører man Beregningen for en Langsvelleoverbygning, vil man finde, at hvis Nedtrykningen y_0 , der er afgørende for Ballastens Holdbarhed, skal være lille, maa, for et givet Hjultryk, fremfor alt Ballasttallet C og Bredden b af Langsvellen være stor ligesom Stivhedstallet $E I$. Ballastens Indflydelse er overvejende. Dette anbefaler, at man anvender en stiv Skinne, med bred Langsvelle paa fast Ballast.

Ballastrykket p_0 , af hvilket Valget af Ballast afhænger, bliver desto mindre, jo større Fodbredde og Stivhedstal er, og endvidere jo mindre Ballasttallet er, altsaa jo mere elastisk Ballasten er. Ballasttallet skal altsaa være modsat af, hvad ovenfor er sagt under Nedtrykningen. Disse modstaaende Krav til C kan i nogen Grad forenes, hvis man anbringer mellem Skinne og Svelle eller mellem Svellen og dens Underlag et elastisk Mellemlag, saaledes som det ofte gøres ved de i mange Tilfælde stift i Beton indstøbte Sporvejsskinner.

Det bøjende Moment M_0 endelig vokser med Stivhedstallet og aftager, naar C og b bliver større. Det virker altsaa gunstigt at have en bøjelig Skinne med bred Fod paa fast Ballast.

Længdedragerberegningen giver ikke alene simple Udtryk for det bøjende Moment, Trykket mod Underlaget og Nedtrykningen ved Paavirkning med et enkelt Hjultryk, men det er ogsaa muligt paa simpel Maade at medtage i Regningen Virkningen af flere Hjultryk af forskellig Størrelse og i vilkaarlige indbyrdes Afstande.

Der skal dog ikke her gaas nærmere ind paa disse Spørgsmaal.

5. Bemærkninger til Skinnernes Beregning.

Det i Skinnerne optrædende bøjende Moment er først beregnet af *Winkler* under den Forudsætning, at Skinnen er en Drager paa uendelig mange, lige

høje, altsaa ikke elastiske Understøtninger. Han fandt

$$M = 0,1888 G \cdot a$$

Denne Formel beror for saa vidt paa ufuldstændige Forudsætninger, som Svellerne alt efter Størrelsen af det af Skinnen paa dem udøvede Tryk i Almindelighed faar en forskellig Beliggenhed i Højde. Forudsætningen om lige høje Understøtninger vilde ganske vist være opfyldt, hvis Hjulene staa saa tæt, at de kan anses for en ensformig fordelt Belastning. Saa faar alle Sveller samme Tryk og trykkes lige meget ned; de bøjende Momenter bliver forholdsvis smaa, fordi der indenfor hvert Fag overføres Indspændingsmomenter fra Nabofagene.

Zimmermanns Belastningstilfælde er det ugunstigste og giver Momenter, der vokser stærkt med voksende Værdier af γ . *Loewes* Momenter for Midtehjulet ligger meget nær ved *Winklers*, for Yderhjulene omtrent midt imellem.

I et og samme Tog kan Akslerne komme til at ligge saaledes, at Forholdet meget nær kommer til at ligne disse 3 Grundstillinger.

1. — *Zimmermanns* Belastningstilfælde giver de ugunstigste Resultater; hertil svarer især Hjultryk fra 2-akslede Vogne med stor Akselafstand.

2. — *Loewes* Belastningstilfælde med Indspænding til begge Sider svarer til Midteaksler paa Lokomotiver og Tendere og til Midteaksler paa 3-akslede og tæt stillede 2-akslede Boggier.

3. — *Loewes* Belastningstilfælde med Indspænding til den ene Side svarer til Yderaksler paa Lokomotiver og Vognboggier med kort Akselafstand, hvor de nærmeste Aksler først følger i større Afstand.

En Diskussion af de angivne Ligninger for deraf at uddrage Vejledning ved Konstruktion af Sporet er vanskelig for et Tværsvellespor og kræver stadig Hensyntagen til de praktiske Krav.

Ballasten. Ballasttrykket er udtrykt ved

$$P_r = \frac{P}{b} \sqrt[4]{\frac{C \cdot b}{4 E_1 I_1}} \cdot [\eta_\rho] = \frac{P}{b^{3/4}} \sqrt[4]{\frac{C}{4 E_1 I_1}} [\eta_\rho].$$

Da Ballasten er den mindst modstandsdygtige Del af Sporet, bør Ballasttrykket holdes lille d. v. s., at Skinnetrykket P og Ballasttallet C skal være smaa, Svellebredden b og Svellens $E_1 I_1$ være store. For samme Skinnetryk P betyder dette, at man bør vælge en bred, stiv Svelle og en eftergivende Ballast.

Svellebreddens Virkning er især betydelig, da b indgaar med Potensen $3/4$, de øvrige Størrelser med Potensen $1/4$ ($\div 1/4$).

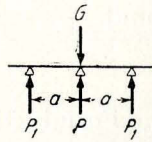


Fig. 124.

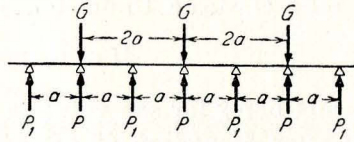


Fig. 125.

Skinnetrykket beregnes efter Zimmermann til

$$P = \frac{\gamma + 2}{3\gamma + 2} \cdot G$$

for Schwedlers Belastning (Fig. 124), eller til

$$P = \frac{4\gamma + 1}{8\gamma + 1} \cdot G$$

for Hoffmanns Belastning (Fig. 125).

Skal det for et givet Hjultryk blive mindre, maa γ være stor. Nu er

$$\gamma = \frac{B}{D} = \frac{6EI}{\frac{a^3 C \cdot b}{[\eta_\rho]} \sqrt[4]{\frac{4E_1 I_1}{C \cdot b}}} = \frac{6EI \cdot [\eta_\rho]}{a^3 \cdot C^{3/4} \cdot b^{3/4} \sqrt[4]{4E_1 I_1}}$$

E og I maa derfor være store, $a C b E_1 I_1$ smaa. Det vil sige stive Skinner, elastiske Sveller og Ballast. Virkningen af stive Skinner er stor (1. Potens), af C og b noget mindre (Potens $\div \frac{3}{4}$); Virkningen af stive Sveller ligeledes (Potens $\div \frac{1}{4}$). Svellaafstandens Indflydelse er stor (3. Potens).

Af Zimmermanns Formel (7) for det bøjende Moment i Skinnen

$$M = \frac{8\gamma + 7}{4\gamma + 10} \cdot \frac{G a}{4}$$

vil man finde, at Momentet aftager, naar γ aftager. Heraf følger ogsaa, at med bedre Ballast (voksende Ballasttal og fastere Undergrund) aftager Momentet. Og gaar man ud fra samme bøjende Moment, kan Hjultrykket forøges. Med Skærveballast skulde man altsaa kunne anvende samme Spor med større Hjultryk end med Grusballast.

Iøvrigt virker en bredere og stivere Svelle gunstigt (b og I_1) ligesom en Formindskelse af Svellaafstanden a , mens en stivere Skinne I forøger Momentet. For Svellaafstandens Vedkommende

vokser ganske vist γ med aftagende a . Men a indgaar ogsaa i Momentet $\frac{G \cdot a}{4}$, og her formindskes Momentet proportionalt med a , saa den samlede Virkning bliver som angivet.

I Henhold til det foregaaende angiver Udtrykkene

$$\frac{4\gamma + 1}{8\gamma + 1} \quad \text{og} \quad \frac{\gamma + 2}{3\gamma + 2}$$

hvor stor en Del af Hjultrykket, der overføres som Belastning til den underliggende Svelle.

Det viser sig da, at jo mindre Værdien af γ er, desto større bliver Trykket paa Svellen og dermed desto større det bøjende Moment. For Svellen virker det derfor til Gavn, at Skinnen er saa stiv som muligt I , og at Svelleafstand a , Ballastital C , Svellebredde b og Svellens Stivhed I_1 , er saa smaa som muligt. Paavirkningen paa Svellen vil vokse, naar Skinnerne slides.

Alene en Formindskelse af Svelleafstanden virker gunstigt for baade Skinner og Sveller. De øvrige Faktorer virker modsat.

Paa normalsporede Hovedbaner benyttede man tidligere især 2,5 m lange Sveller, men denne Længde er nu ofte forøget til 2,7 m. En Beregning af Svellernes Nedtrykning vil vise, at man ved Svellemidte og Svelleender vil faa en mere ens Nedtrykning, og at denne over hele Svellens Længde bliver mindre for den længere end for den kortere Svelle. Den kortere Svelle arbejder mere under Belastningen, saa Understopningen ikke holder saa godt. Hvis man stiller det Krav, at Nedtrykningen ved Svelleende og Svellemidte skal være lige store, kan man for Skærveballast gaa ned til en Svellelængde paa 2,60 m.

Som Resultat af Undersøgelserne skal endnu nævnes, at hvor *Zimmermanns* Formel skal anvendes (Godsvogne med store Akseltryk med Enkeltaksler og stor Akselafstand), maa man ved Gennemregning prøve, om det er Skinne eller Ballast, der især skal tages Hensyn til.

Klarere stiller Forholdene sig, hvor Lokomotiver og Vogne danner Belastningsgrupper med tætliggende Aksler. Der nærmer, som ovenfor vist, det bøjende Moment sig til den konstante Værdi $M = 0,1888 G \cdot a$, og man søger da især at holde Skinnetryk og Ballasttryk smaa.

Det er i denne Forbindelse ganske interessant at se, at man i USA. har kunnet anvende Akseltryk paa indtil 27 ts uden at anvende væsentlig sværere Skinner end i Europa og endda Sveller, hvis Tykkelse er mindre end i Europa. Forklaringen er, at Sporet faar sin Bæreevne, ved at Svelleafstanden er saa lille, som den kan være af Hensyn til Understopningen.

Endvidere benyttes til Ballast ofte Lokomotivslagge, der giver en elastisk Ballast, og Ballasttykkelsen gøres som Regel stor, saa Undergrunden kan holde sig tør og bæredygtig.

Med *Okhuizens Spændingsmaaler* er der blevet udført Forsøg til Bestemmelse af Spændingerne i Skinner. De saaledes fundne Spændinger blev sammenlignede med Resultaterne af Beregninger ved Hjælp af de ovenfor opstillede Formler.

Hvis man sammenligner Resultaterne af Beregningerne efter *Winkler*, *Zimmermann* og *van Dijk* med Resultatet af Maalingerne, fremgaar det, at *Zimmermann* og *van Dijk* begge giver for store Værdier, men at *van Dijk* meget godt udtrykker Spændingernes Variation som Følge af forskellige Akselafstande. *Winklers* Værdier følger ikke disse Variationer; men de stemmer i Middeltal med de maalte Værdier.

De Slutninger, man kan drage heraf, er:

— for det første, at det er ønskeligt i Beregningerne at tage Hensyn til Akselafstandene (*van Dijk*).

— for det andet, at der faas for store Værdier, hvis der regnes med Eftergiven af Understøtningerne (*Zimmermann* og *van Dijk*) og

— for det tredie, at man i Middeltal faar rigtige Værdier, hvis man ikke medtager et Ballasttal i Beregningen (*Winkler*).

Hvis man altsaa ved en Beregning antager, at Svellerne ikke eller ikke alle med samme Maal trykkes ned, d. v. s. ikke indfører noget Ballasttal i Beregningen, og man desuden tager Hensyn til Akselafstandene, faar man Værdier, der bedst svarer til de maalte Spændinger.

Om Beregningerne skal gøres følgende Bemærkninger:

Ved enhver Beregning af Overbygningen maa der gøres visse Antagelser. Det forudsættes saaledes, at alle Akseltryk er lige store. Af Influenslinien for Momentet i et Punkt midt mellem to Sveller ses, at Virkningen af en paa dette Sted staaende Aksel er langt den afgørende, og at Virkningen af Naboaksler, der staar nogle Svellemellemrum derfra, kun er meget ringe. Man kan derfor uden Betænkelighed regne med samme Akseltryk.

Det største Moment vil næsten altid findes under den bageste Drivhjulsaksel, fordi der efter den er ret stor Afstand til den følgende Løbehjulsaksel; og selv om denne Aksel er meget lettere end Drivhjulsakslen, er den store Akselafstand Skyld i, at Vægtforskellen gør sig mindre gældende.

Endvidere gaas ud fra, for at Problemet matematisk kan løses, at den uendelig lange Bjælke er belastet med en uendelig lang Række Hjultryk.

Den derved gjorte Fejl kan der ses bort fra, da Virkningen af de Hjultryk, der indtager den næste og videre borteliggende Pladser, regnet fra den Aksel, under hvilken Momentet beregnes, er forsvindende lille.

Det skal bemærkes, at man finder et mindre Moment ved mindre Akselafstand, at man altsaa ved Lokomotiver med flere Drivaksler i korte indbyrdes Afstande kan tillade et højere Akseltryk end f. Eks. ved Godsvogne.

Det blev antaget, at alle Aksler staar midt mellem to Sveller. Denne Antagelse ligger mindre nær; men den Fejl, der hidrører herfra, er tilladelig.

For ved Beregningen at tage Hensyn til de uens Akselafstande, blev der regnet med en Belastningsrække, der skiftevis har en Akselafstand paa m Gange og n Gange Svelleafstanden. I saa Fald kommer Belastningerne af sig selv midt mellem Tværsvellerne.

6. Hastighedens Indflydelse.

Forsøg har vist, at Skinnernes Paavirkning i Almindelighed vokser med aftagende Hastighed, ganske vist paa uregelmæssig Maade. Man har saaledes fundet, at Paavirkningen ved smaa Hastigheder er mindre end for hvilende Belastning, at Paavirkningen for denne og for en Hastighed af 40 km/T er lige store, og at Paavirkningen derefter vokser for voksende Hastighed.

Dette tyder paa, at der kræves en vis Tid, for at Svellerne kan trykkes ned, og Skinnerne bøje sig, og denne Tid er der ikke og i desto mindre Grad, jo større Kørehastigheden er. Dette vilde betyde, at Skinnens Paavirkning vilde blive mindre, naar Kørehastigheden voksede. Var Spor og rullende Materiel fuldkomment, maatte dette ogsaa blive Tilfældet. Men da Spor og rullende Materiel er behæftet med Mangler, vil der ved større Kørehastigheder blive udløst dynamiske Virkninger, der influerer paa Paavirkningerne i ugunstig Retning og ophæver den gunstige Virkning af den tidsmæssige Forsinkelse.

Det beregnede Moment M maa derfor for Spor, hvorpaa der køres med større Hastighed end 40 km/T, multipliceres med en Hastighedskoefficient

$$k_v = 1 + \frac{V^2}{30\,000} \quad (21)$$

Momentet

$$M_v = k_v \cdot M \quad (22)$$

benyttes ved Spændingsbestemmelsen

$$\sigma_v = \frac{M_v}{W} \quad (23)$$

For en Hastighed 90 km/T er Konstanten 1,27, for 100 km/T er den 1,33.
Ved Beregning af nye Spor og ved sammenlignende Beregninger ved Vognbygning kan regnes med et Ballasttal: $C = 5$.

7. Tilladelige Spændinger.

For at beregne et Skinneprofil eller for at bedømme, om en vis Belastning af Hensyn til Skinnerne kan tillades, maa man endnu fastsætte den tilladelige Spænding.

Hvor stor denne Spænding maa være, afhænger af Beregningsmaaden. At der bestaar en saadan Afhængighed, kan man slutte deraf, at det er fastslaet, at der er blevet fundet højere Spændinger ved *Zimmermann's* og *van Dijk's* Beregningsmaade end ved *Winkler's*. Det maa altsaa udtrykkeligt betones, at en bestemt tilladelig Spænding kun gælder for en given Formel, d. v. s., at en tilladelig Paavirkning kun hører til en bestemt Regne- maade.

Det anbefales som højest tilladte Skinnepaavirkning for hvilende lodret Belastning at regne for

- a) eksisterende Spor (slidte Skinner, daarlig Ballast, gamle Sveller) 1500—1700 kg/cm²,
- b) ved Projektering af en ny Overbygning 1100—1200 kg/cm² (Hensyn til senere Anvendelse af større Hjultryk, faldende Modstandsevne med voksende Alder af Sporet m. m.).

Forholdet mellem Modstandsmomenterne for ikke slidt og slidt Skinne ligger som Regel (32—45 kg Skinne) mellem 1,18—1,29.

Det anbefales at sætte højest tilladte Tryk paa Svellens Underside til

- a) for eksisterende Spor: $p_0 = 2,5$ kg/cm²
- b) ved Projektering af ny Overbygning: $p_0 = 2,0$ kg/cm².

Man ser ogsaa angivet et Svelletryk paa 12000 kg for Skærveballast og 10000 kg for Grusballast som samlet Tryk paa Svellens Underside, eller der angives:

- for *Grus*: 1,75—2,0 kg/cm² og for *Skærver*: 3,0 kg/cm²,
- for *Træsveler*: Tilladelig Paavirkning til Bøjning 50—60 kg/cm².
- - - - - Tilladelig Paavirkning for Tryk mod Sidetræ 18 kg/cm².
- for *Underlagsplader*: af blødt Staal til Bøjning 800 kg/cm².

8. Beregning af en Tværsvelleoverbygning for vandret Paavirkning.

Ved hurtig Kørsel spiller de paa Sporet virkende vandrette Kræfter en betydelig Rolle. Det antages, at Sporet er elastisk eftergivende i vandret Retning. For en Undersøgelse af Virkningen af de vandrette Kræfter er det en Vanskelighed, at der for de vandrette Ballasttal kun findes meget faa

Oplysninger. Man gaar ud fra, at der er en temmelig inderlig Berøring mellem de enkelte Ballaststykker og Svellerne Underside; hvor der anvendes Træsveller, vil Kanterne af Ballaststenene trænge ind i Svellerne. Anvender man Jerntværsveller, vil disse være fyldt med Ballast, og der vil fremkomme en vis Friktion mellem disse Skærver og de underliggende.

Virker der en vandret Kraft paa Sporet, vinkelret paa Sporets Akse, maa man først vente en lille elastisk Forskydning af Sporet i Kraftens Retning. Vokser Kraften, bliver til Slut den elastiske Modstand mellem Sveller og Ballast overvundet, og alene Friktionen mellem Sveller og Ballast vil gøre Modstand mod en Forskydning af Sporet i Kraftens Retning.

Ved en Beregning af de af en vandret Kraft i Sporet frembragte Bøjningsmomenter lægges følgende Betragtninger til Grund:

Forbindelsen mellem Skinne og Sveller er ved de fleste Overbygningformer ikke stiv nok til at kunne overføre større vandrette Momenter. Der vil derfor kun være Tale om en delvis Indspænding mellem Skinne og Sveller. Saadanne delvise Indspændinger er vanskelige at behandle regningsmæssigt. Man søger at gøre Forbindelsen mellem Skinne og Sveller saa stiv som muligt, altsaa egnet til at overføre større Momenter for at opnaa større Stivhed af hele Sporrammen, hvilket af Hensyn til Faren for Udbøjning er meget ønskeligt for et Langskinspor. Der skal i det følgende især tænkes paa de to Grænsetilfælde:

— mellem Skinner og Sveller kan ikke overføres vandrette Momenter; Forbindelsen mellem Skinne og Sveller er i vandret Retning leddet.

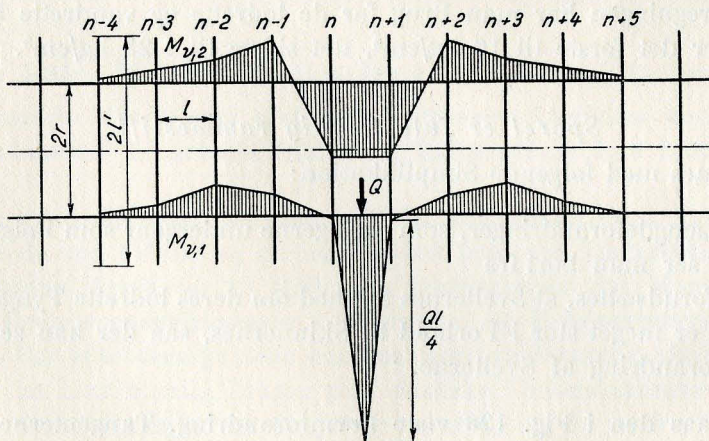


Fig. 126. Bøjende Momenter i et ikke rammestift Spor, hvor Hjulet staar midt mellem to Sveller.

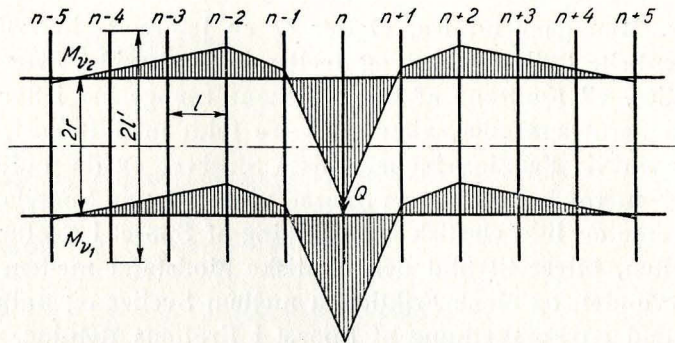


Fig. 127. Bøjende Momenter i et ikke rammestift Spor, hvor Hjulet staar over en Svelle.

— mellem Skinner og Sveller er fuldstændig Indspænding; Sporet er rammestift.

Der tages ikke Hensyn til, at de angribende Kræfter, Ballastens Modstand, og Skinne- og Svelleakser ligger i forskellige Planer; de herfra hidrørende Tillægspaa virkninger maa der tages Hensyn til for sig. Endvidere tænker man sig, at den vandrette Kraft blot angriber ved den ene af de to Skinner, da dette er det almindelige, og Resultaterne af ethvert andet Belastningstilfælde kan udledes heraf.

Ved en Beregning af Momenterne gaar man ud fra, at Hjulet enten staar mellem den n te og $n + 1$ te Svelle (Fig. 126) eller over den n te Svelle (Fig. 127). Ligningerne for Momenterne over Svellerne findes, og af Momentkurverne kan Influenslinierne beregnes.

Ved Beregningen har man Brug for de lodrette og vandrette Ballasttal; man sætter det første til 10 kg/cm^3 , det sidste til $1,25 \text{ kg/cm}^3$.

Sporet er fuldstændig rammestift.

Der regnes med følgende Simplifikation:

— De Længdeforandringer, som Stængerne undergaar som Følge af Aksi-alkræfter, ser man bort fra

— Det forudsættes, at Svellerne Stivhed om deres lodrette Tyngdepunktsakse altid er meget stor i Forhold til Skinnernes, saa der kan ses bort fra en Formforandring af Svellerne.

Deraf faas den i Fig. 128 viste Formforandring. Tangenterne til Skinnernes Nedbøjningslinie er i Knudepunkterne vandret, fordi der ikke finder

en Bøjning eller Drejning Sted af Svellerne efter den nævnte Forudsætning. Derfor bliver der heller ikke af Ballasten overført Kræfter paa Svellerne parallelt med Sporets Akse.

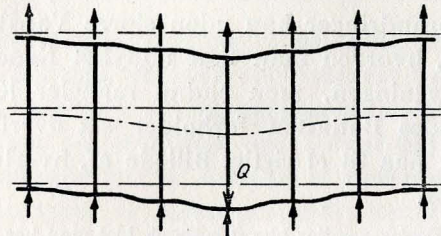


Fig. 128. Formforandring i et rammestift Spor.

1) *Akslen staar over den nte Svelle.*

For at opstille Ligevægtsbetingelserne tager man en vilkaarlig Svelle og lægger umiddelbart foran og bag denne et lodret Snit gennem Sporet vinkelret paa dette. Da Inertimomenterne af Hoved og Fod i den vandrette Drager, som Sporet danner, er lige store, og da Skinnernes Udbøjning (Knudepunkternes Nedbøjning i samme vandrette Drager) i Hoved og Fod er den samme, maa de Momenter, der virker til Udbøjning af de to Skinner, Knudepunkt for Knudepunkt være lige store.

Paa Basis heraf kan Momenter og forskydende Kræfter samt Influenslinier bestemmes.

2) *Akslen staar midt imellem den nte og den n + 1te Svelle.*

Paa lignende Maade som under 1) bestemmes Ligninger ved Hjælp af hvilke Momenter, Transversalkræfter og Influenslinier kan bestemmes.

Da den vandrette Kraft angriber ved Skinnehovedet, men Skinnerne er understøttede ved Foden, og da hele Sporet først ved Undersiden af Svellerne overfører Kræfterne til Ballasten, fremkommer der Momenter, der bevirker Drejningspaavirkninger i Skinnerne og Bøjningspaavirkninger i Svellerne. For at undersøge dette kan man først undersøge i Almindelighed, hvorledes en kontinuerlig Drager paa elastiske Understøtninger forholder sig under Paavirkning af et Drejningsmoment, og de herfra hidrørende Momenter kan findes.

Hvis den Drager, der paavirkes, har udprægede Flanger, som Tilfældet er med Jernbaneskinner, opstaar der Bøjningsspændinger, og det gælder om at blive klar over de rigtige Fortegn for de virkende Momenter og over Formforandringerne. Virkningerne er dog kun ringe.

Bestemmelsen af de af en vandret Kraft i et Spor fremkaldte bøjende Momenter og Formforandringer kan uden større Vanskeligheder regningsmæssigt gennemføres, hvorved man faar uddybet Kendskabet til Paavirkningerne paa Overbygningen, men endnu mangler Kendskab til mange Ting især til, hvorledes Ballasten forholder sig overfor vandrette Kræfter, for at man skal naa til et rigtigt Billede af, hvorledes en Tværsvelleoverbygning paavirkes.

Ved Forsøg er følgende Forsøgsværdier blevet bestemt, idet man har trykket sammen et 15 m langt Sporstykke, vandret understøttet paa Ruller. Man har fundet:

Modstande :

- mod Løftning: 2,6 kg pr. cm Spor
- mod Tryk paa langs: fra 8 til 12 kg pr. cm af Sporet
- under Forudsætning af en Modstand mod Kræfter paa tværs af Sporet: 1,3 kg/cm (fritliggende Spor) 4,6 kg/cm (nylig lagt Spor) og 5,75 kg/cm (Spor, der har sat sig godt).

Inertimomenter, der kan regnes med ved Beregning af Modstand mod Bøjning:

- i lodret Retning: = 2 Gange Inertimomentet af en Skinne omkring en vandret Akse.
- i vandret Retning:
 - i det Tilfælde, Sporet ligger daarligt: = 2 Gange Inertimomentet af en Skinne om en lodret Akse (for de ved Forsøget benyttede Skinner var dette Inertimoment 638 cm⁴)
- Sporet vel lagt med samme Skinner: Værdi fundet ved Forsøg = 1340 cm⁴
- Sporet lagt paa Træsveler med delvis Indspænding til Svellerne; samlet Inertimoment fundet ved Forsøg = 17000 cm⁴.

Et let deformeret Spor vil, især naar det ligger i Kurve, nemt kunne kastes ud til Siden ved de Længde- og Tværkræfter, der fremkaldes af et Tog.

Desuden formindsker et Togs Passage, ved de smaa Løftninger af Sporet, som det fremkalder, Modstanden mod Tværkræfter og kan begunstige en Udbøjning i efter hinanden følgende Spring.

Paa et nylig lagt nyt Spor, er der ikke iagttaget Deformationer i et lodret Plan. Vandrette Deformationer fremkommer især ved Togenes Passage. Man mener, at de skyldes elastiske Udbøjninger snarere end en Overskriden af Elasticitetsgrænsen.

Anvendelse af Staal med høj Elasticitetsgrænse kan være fordelagtig, men Skørhed og Vanskelighed ved Svejsning kan medføre Vanskeligheder.

Vandrette Deformationer, enten pludselige eller fremkaldt ved et Togs

Passage, kan kun undgaas ved Brug af en Skinnelægningsmetode, der hindrer Skinnevandring og giver Sporet fuldstændig Stivhed. Enhver Metode, der ikke yder denne Garanti, bør ikke anvendes ved et Spor uden Stød.

9. Spændingsmaaling.

Parallelt med Arbejdet med Opstilling af de til Skinneberegning benyttede Formler er gaaet et Arbejde, der dels har bestaaet i at bestemme de nødvendige Konstanter og dels i at foretage saadanne Kontrolmaalinge, at man har kunnet danne sig et Begreb om, i hvor høj Grad de ved Formlerne bestemte Spændinger m. m. kom til at stemme med Virkeligheden.

Forskellige Maalemetoder er blevet anvendt; her skal alene omtales en af *Okhuizen* konstrueret Spændingsmaaler.

Alle Spændingsmaalere er Forlængelsesmaalere, der hviler paa Formlen

$$\delta = \frac{P \cdot a}{E \cdot F} = \frac{\sigma \cdot a}{E} \quad \text{d. v. s.} \quad \sigma = \frac{\delta \cdot E}{a}$$

hvoraf følger, at Spændingen med givet Materiale og Maalelængde er proportional med Forlængelsen.

Ved Spændings- (Forlængelses)maaling i en bøjet Bjælke maaler man Forlængelsen af de Fibre, i hvilke Maaleapparatet staar. Altsaa har ved Maaling af Bøjningsspændinger, da Momentet jo i ethvert Punkt er forskelligt, en lille Maalelængde stor Indflydelse. I Særdeleshed er det Tilfældet ved Spændingsmaaling i Skinner, hvor Afstanden mellem Understøtningsspunkterne er lille, og der derfor kommer en hurtig Skiften af Momenterne. Ved *Okhuizen's* Apparat er Maalelængden kun 6 cm.

Fig. 129 giver en skematisk Fremstilling af *Okhuizen's* Maaleapparat. Naar Δa er den Forlængelse, der skal maales, saa er, med de i Fig. 129 angivne Maal, Viserspidsens Bevægelse

$$\Delta A = \Delta a \frac{c}{b} \cdot \frac{e}{d}$$

Ved andre Maaleapparater har man maalt Nedbøjningen og deraf bestemt Spændingen (Fig. 130a). Med tilstrækkelig Nøjagtighed faar man

$$r = \frac{l^2}{2d}$$

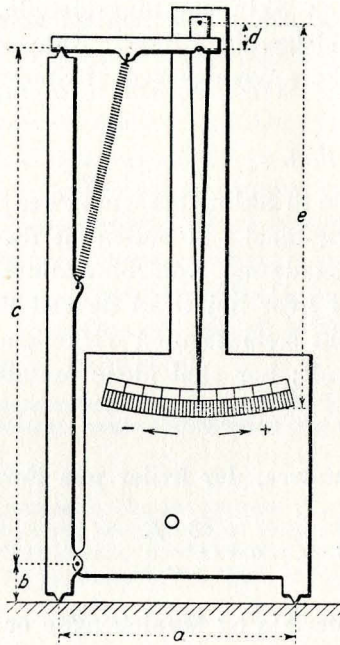


Fig. 129.

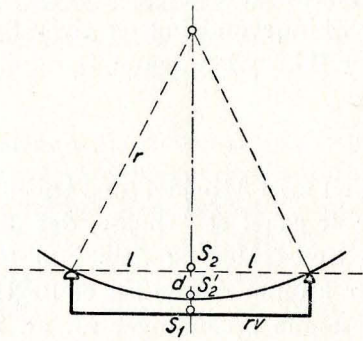


Fig. 130 a.

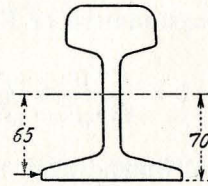


Fig. 130 b.

og da

$$\frac{1}{r} = \frac{M}{E \cdot I}$$

faar man

$$M = \frac{2 E I \cdot d}{l^2}$$

Spændingsmaaleren tegner automatisk paa et Papirbaand, der trækkes med Haanden; en jævn Bevægelse er ikke nødvendig, da det er den største Spænding ved Passagen af hver Aksel, der skal bestemmes. En lille Viser ved den ene Side trækker Nullinien. Apparatet er i Stand til at bestemme Middelværdien af Spændingerne, og andre Værdier er heller ikke nødvendige, under Hensyn til Hastigheden, det sidste dog med noget Forbehold.

Iøvrigt findes der ikke noget bedre Apparat til Maaling af Skinner, hvor en lille Maalelængde er ubetinget nødvendig.

Apparatet anbringes paa Siden af Skinnefoden, og da Maalespidserne ikke kan sættes paa de yderste Fibre, er en Korrektion af det maalte Resultat nødvendig. Er Afstandene (Fig. 130 b) til den neutrale Akse f. Eks. 65 og 70, skal den maalte Spænding multipliceres med 70:65.

§ 24. AFSÆTNING OG RETNING AF KURVER VED PILHØJDEMAALING

1. METODENS ALMINDELIGE GRUNDLAG¹⁾

I Fig. 131 er B_1 en bestaaende Jernbanekurve, eller en foreløbig udstukket Kurve med eller uden Overgangskurve. B_2 er den endelige Kurve, som skal afsættes fra B_1 . Kan man bestemme Afstanden mellem B_1 og B_2 i tilstrækkelig mange Punkter, er Opgaven løst, idet man blot skal foretage Afsætningen fra B_1 i de tilsvarende Punkter.

I Fig. 131 er T Retningen af Hovedtangenten for Kurverne og a Afstanden mellem dem i Punktet P_1 . Trækker man Tangenter til Kurverne i P_1 og P_2 (hvor Afstanden er a), danner de en Vinkel med hinanden

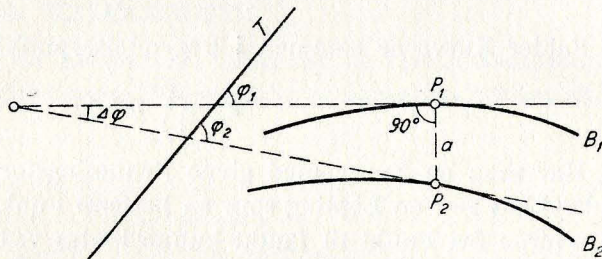


Fig. 131.

$$\Delta \varphi = \varphi_2 \div \varphi_1.$$

Dette kaldes Kurvernes Vinkeldifferens ved P_1 . Gaar man nu ud fra en uendelig lille Buelængde dl , kan denne betragtes som en ret Linie, og efter Fig. 132 kan man skrive:

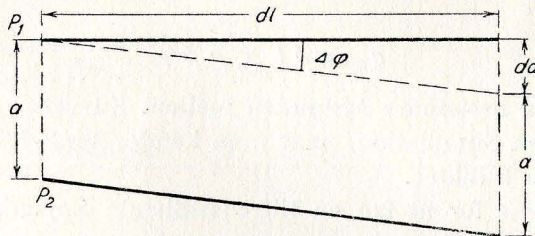


Fig. 132.

¹⁾ Metoden er oprindelig angivet af *Nalenz* og senere bearbejdet af *Hofer* og *Schramm*. Endvidere kan henvises til *J. Chapelet*: *Methodes de rectification du tracé des courbes de chemin de fer par correction des flèches* (Paris 1926), til Baneingeniør *Johs. Demandt*: Fejludligning i Sporcurver, og til den norske Baneinspektør *Rabstads* Behandling af Emnet i Artikler i »Meddelelser fra Norges Statsbaner«.

I det følgende benyttes som Grundlag en Fremstilling af Professor *K. Heje* i *Vei- og Jernbanebygging*, Oslo 1941.

$$d a = d l \cdot \operatorname{tg} \Delta \varphi = d l \Delta \varphi$$

idet $\Delta \varphi$ er en meget lille Vinkel. Ved Integration faas:

$$a = \int d l \Delta \varphi$$

Er Afstanden a_0 i Udgangspunktet A , bliver Afstanden i et vilkaarligt Punkt E :

$$a_E = a_0 + \int_A^E d l \Delta \varphi.$$

Falder Kurverne sammen i Begyndelsespunktet A , saa $a_0 = 0$, bliver

$$a_E = \int_A^E d l \Delta \varphi \quad (1)$$

Har man en Kurve med givne Krumningsforhold, hvor altsaa $\Delta \varphi$ kan udtrykkes ved en Ligning som en bestemt Funktion, vil Afstanden mellem Kurverne fra Punkt til Punkt kunne findes ved Integration. Opgaven kan løses analytisk.

Imidlertid er dette Forhold sjældent til Stede. Som Regel anvendes Metoden til at rette Sporet i en Kurve, som under Trafiken er kommet ud af den rigtige Form, og Udgangskurven B_1 har følgelig uregelmæssige Krumningsforhold.

Under disse Omstændigheder erstatter man det uendelig lille Buestykke $d l$ med en konstant Buelængde af endelig Størrelse Δl , og Formlen gaar over til:

$$a_E = \Delta l \sum_A^E \Delta \varphi \quad (2)$$

Man kan altsaa bestemme Afstanden mellem Kurverne i et hvilket som helst Punkt ved en Summation, naar man kender Vinkeldifferenserne i tilstrækkelig mange Punkter.

Forudsætningerne for at faa en tilfredsstillende Nøjagtighed er:

a) Vinkeldifferenserne $\Delta \varphi$ maa holdes indenfor 5° d. v. s. i Buemaal:

$$\Delta \varphi < 0,0873, \quad \text{da man sætter} \quad \operatorname{tg} \Delta \varphi = \Delta \varphi.$$

Dette Krav opfyldes næsten altid i de i Praksis forekommende Tilfælde.

b) De konstante Buestykker maa være tilstrækkelig smaa, saa

$$\Delta l \leq \frac{R}{100}$$

hvor R er Kurveradius. Ogsaa dette Krav kan med Lethed opfyldes.

- c) Udgangskurven B_1 maa have et nogenlunde jævnt Forløb uden virkelige Knæk. Dette skal senere forklares. Denne Forudsætning er ogsaa næsten altid til Stede, naar Metoden anvendes. Hvor der findes Knæk i Sporet, maa de derfor først fjernes ved en foreløbig Retning.

Den videre Behandling af Opgaven kan ske grafisk, saaledes som vist i det følgende.

2. KRUMNINGSPROFIL OG VINKELPROFIL

I Fig. 133 a er fremstillet en Kurve med vilkaarlig og ujævn Krumning samt dens Hovedtangent. Kalder man Differentialet af Længden i Buen dl ,

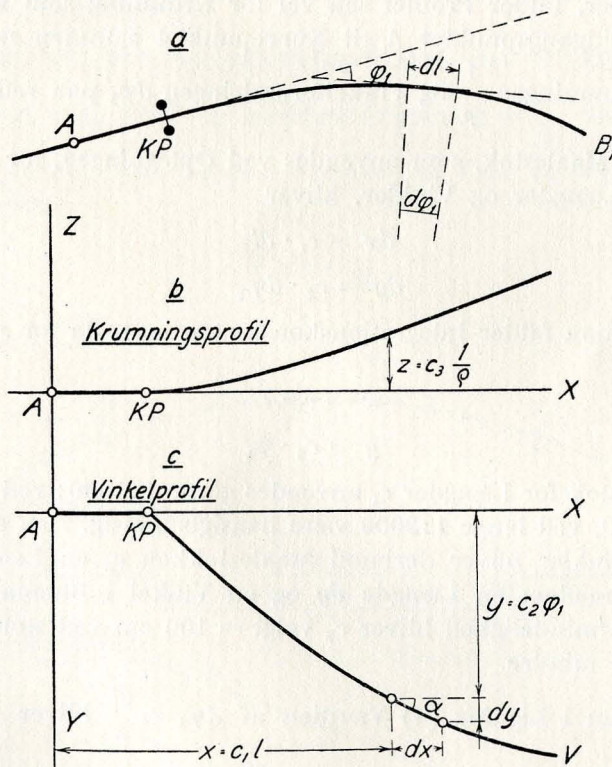


Fig. 133.

Krumningsradius i det paagældende Punkt ρ , bliver Vinkeldifferentialet (Vinkelforandringen paa Længden dl)

$$d\varphi_1 = \frac{dl}{\rho}$$

Dette Vinkeldifferentiale maa ikke forveksles med den ovenfor omtalte Vinkeldifferens $\Delta\varphi$.

Man kan nu i et Koordinatsystem $X-Z$ fra et bestemt Udgangspunkt A , som lægges i Nulpunktet, afsætte Krumningen i de forskellige Punkter som Ordinater og Længderne som Abscisser og kommer derved til det saakaldte *Krumningsprofil*, (Fig. 133 b).

Afsætter man paa samme Maade i et Koordinatsystem $X-Y$ Længderne som Abscisser, og som Ordinater den fra Udgangspunktet gennemløbne Vinkel φ_1 , fremkommer *Vinkelprofilet*, Fig. 133 c (φ_1 afsættes i Buemaal).

Som man ser, falder Profilet saa vel for Krumning som for Vinkelforandring fra Udgangspunktet A til Kurvepunktet sammen med Abscisseaksen, da Krumningen $\frac{1}{\rho}$ og Vinkelforandringen $d\varphi_1$ paa retliniet Bane er lig 0.

Kaldes den Maalestok, som anvendes ved Optegningen, for c_1 og c_2 , henholdsvis for Længder og Vinkler, bliver

$$dx = c_1 \cdot dl \quad (3)$$

$$dy = c_2 \cdot d\varphi_1 \quad (4)$$

Ved Integration falder Integrationskonstanten bort, da for $x = 0$, $y = 0$, og man faar:

$$x = c_1 \cdot l \quad (5)$$

$$y = c_2 \cdot \varphi_1 \quad (6)$$

Som Maalestok for Længder c_1 anvendes gerne 1:1000; ved korte Kurver kan dog 1:500, ved lange 1:2000 være hensigtsmæssig. Den er altsaa ubenævnt. For Vinkler bliver derimod Maalestokken c_2 en Længde, da den er Forholdet mellem en Længde dy og en Vinkel i Buemaal (ubenævnt Størrelse). I Almindelighed bliver c_2 valgt = 100 cm ved større Radier, og = 50 cm ved mindre.

Indfører man i Ligning (4) Værdien af $d\varphi_1 = \frac{dl}{\rho}$ bliver

$$dy = c_2 \frac{dl}{\rho}$$

Ved at dividere dette Udtryk med Ligning (3) faas Vinkelprofillets Differentialligning

$$\frac{dy}{dx} = \operatorname{tg} \alpha = \frac{c_2}{c_1} \cdot \frac{1}{\rho} = c_3 \frac{1}{\rho} = z \quad (7)$$

naar $c_3 = \frac{c_2}{c_1}$, og Ordinaterne i Krumningsprofillet afsættes $= c_3 \frac{1}{\rho}$. Maalestokken c_3 bliver en Længde, da den er Forholdet mellem en Længde og en ubenævnt Størrelse. Vinkelprofillets Ligning bliver da

$$y = \int z \, dx = \int c_3 \frac{1}{\rho} \cdot dx \quad (8)$$

Heraf ses, at *Vinkelprofillet er Integrallinien af Krumningsprofillet*. Kan Krumningen udtrykkes som en bestemt Funktion af Abscissen, kan Vinkelprofillet derfor bestemmes analytisk ved Integration. Jfr. § 24³ og § 24⁴.

3. EN CIRKELKURVES KRUMNINGSPROFIL OG VINKELPROFIL

En Cirkelbue (Fig. 134) har konstant Krumning $= \frac{1}{R}$, naar Kurveradius er R . Efter den ovenfor angivne Fremstilling faar Krumningsprofillet en konstant Ordinat:

$$z = c_3 \cdot \frac{1}{R} \quad (9)$$

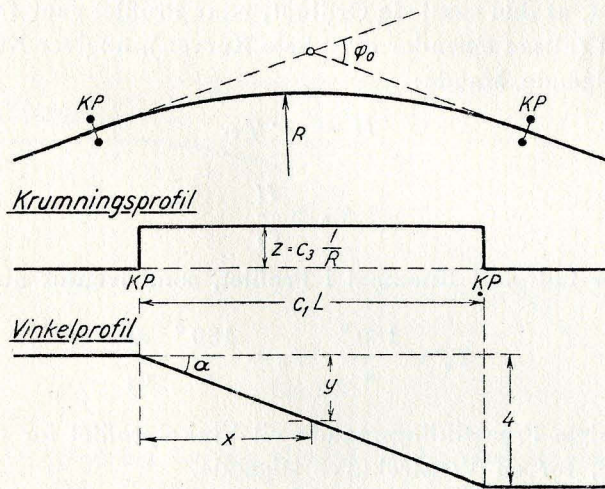


Fig. 134.

Vinkelprofilets Ligning bliver

$$y = \int c_3 \cdot \frac{1}{R} \cdot dx = \frac{c_3}{R} \cdot x \quad (10)$$

altsaa en ret Linie under en Vinkel α med de to Endehorizontaler, som angiver de rette Liniers Vinkelprofil, idet $\frac{c_3}{\rho} = 0$, naar $\rho = \infty$.

Vinklen α er givet ved

$$\operatorname{tg} \alpha = \frac{y}{x} = \frac{c_3}{R} \quad (11)$$

Gaar man over til endelige Størrelser Δx og Δy , bliver

$$\operatorname{tg} \alpha = \frac{\Delta y}{\Delta x} = \frac{\frac{1}{R}}{\Delta l} = \frac{1}{R \cdot \Delta l}$$

Med Maalestokkene c_2 og c_1 , bliver da:

$$\operatorname{tg} \alpha = \frac{c_2}{c_1 \cdot R \cdot \Delta l} \quad (12)$$

Da Ordinaterne i Vinkelprofilet er Udtryk for den gennemløbne Vinkel, vil man forstaa, at den samlede Ordinat, naar Profilet gaar fra Kurvepunkt til Kurvepunkt (altsaa spænder over hele Kurven), angiver Kurvens Centervinkel paa følgende Maade:

$$H = c_2 \cdot \varphi_0,$$

hvoraf

$$\varphi_0 = \frac{H}{c_2}$$

Vinklerne er indført i Buemaal i Profilet, som ovenfor angivet, hvorfor

$$\varphi_0^{\circ} = \frac{180^{\circ}}{\pi} \cdot \varphi_0 = \frac{180^{\circ}}{\pi} \cdot \frac{H}{c_2} \quad (13)$$

Med den valgte Fremstillingsmaade vil Vinkelprofilet for en Højrekurve blive faldende, for en Venstrekurve stigende.

4. EN OVERGANGSKURVES KRUMNINGSPROFIL OG VINKELPROFIL. SAMMENSATTE KURVER.

Da Overhøjderampens Stigning er jævn, følger heraf, at Overgangskurv-
vens Krumning $\frac{1}{\rho}$ bliver lineært proportional med Abscissen, naar Nul-
punktet lægges i Overhøjderampens Begyndelsespunkt. Overgangskurv-
ens Krumningsprofil bliver derfor retliniet som vist i Fig. 135 a. Heraf følger:

$$c_3 \cdot \frac{1}{R} : z = l : x$$

$$z = c_3 \frac{x}{R \cdot l} \quad (14)$$

Vinkelprofilets Ligning er (se Formel 8)

$$y = \int z \cdot dx = \int c_3 \frac{x}{R \cdot l} \cdot dx = c_3 \frac{x^2}{2 R \cdot l} \quad (15)$$

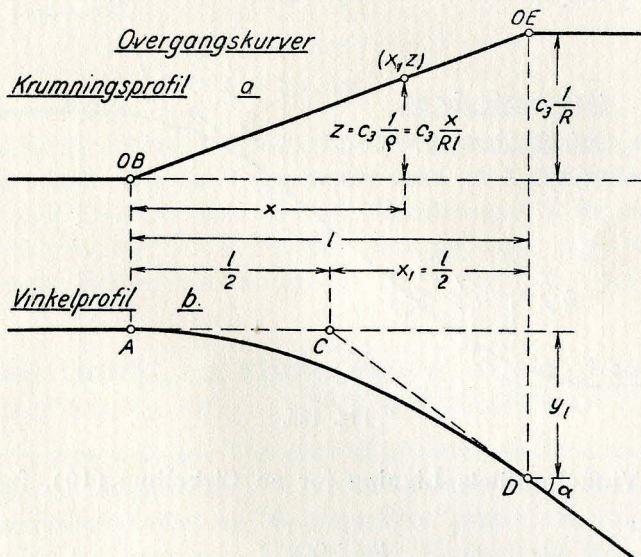


Fig. 135.

Vinkelprofilet er altsaa her en almindelig Parabel og faar et Udseende
som Fig. 135 b. Dets Ordinater ved Enden af Overgangskurven y_l bliver:

$$y_l = c_3 \frac{l^2}{2 R \cdot l} = c_3 \frac{l}{2 R} \quad (16)$$

Efter Formel (7) er

$$\operatorname{tg} \alpha = \frac{dy}{dx} = z.$$

Ved Enden af Overgangskurven er $z = c_3 \cdot \frac{1}{R}$, saa $\operatorname{tg} \alpha = c_3 \cdot \frac{1}{R}$. Endvidere er $\operatorname{tg} \alpha = \frac{y_1}{x_1}$, hvorfor

$$x_1 = \frac{y_1}{\operatorname{tg} \alpha} = \frac{c_3 \frac{l}{2 R}}{c_3 \frac{1}{R}} = \frac{l}{2} \quad (17)$$

Hermed er Parablens Beliggenhed fastlagt. Som man forstaar, angiver Punkt C Beliggenheden af den flyttede Kurves Kurvepunkt i den ideale Tangent¹⁾. For en hel Kurve (Venstrecurve) med Overgangskurver i begge Ender bliver Vinkelprofilets Udseende som vist i Fig. 136.

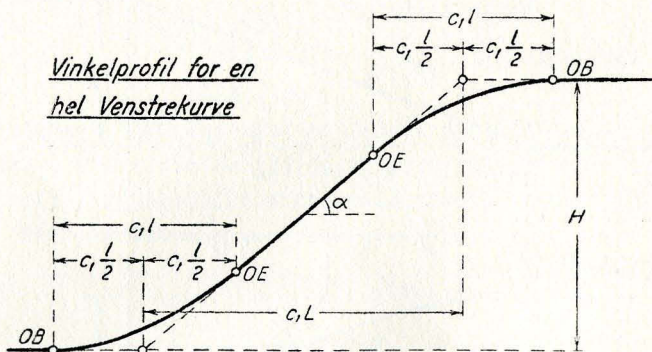


Fig. 136.

Integreres Vinkelprofilets Ligning for en Cirkelbue (10), faas

$$y = c_3 \frac{x^2}{2 R}$$

der er Cirkelns Ligning paa dens Hovedtangente, naar man sætter $c_3 = 1$.

¹⁾ Den ideale Tangent er ved Overgangskurver den flyttede Kurves Tangent parallel med Tangentretningen.

Integreres tilsvarende Vinkelprofilets Ligning for Overgangskurven (15), faas

$$y = c_3 \frac{x^3}{6 R \cdot l}$$

der er Overgangskurvens Ligning paa samme Maade. De virkelige Kurver er altsaa Integrallinierne for Vinkelprofilet paa lignende Maade som dette er Integrallinien for Krumningsprofilet.

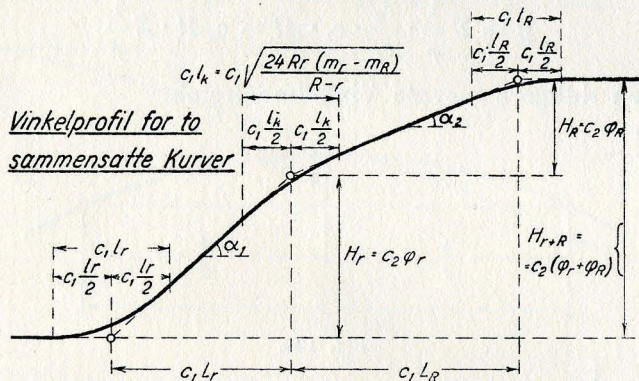


Fig. 137.

Ved sammensatte Kurver vil Vinkelprofilet sammensættes af Vinkelprofilerne for de enkelte Kurver. Forudsætter man en Kombination af to Kurver med normale Overgangskurver ved Tilslutningen til de rette Linier og en Overgangskurve mellem Kurverne, beregnet paa dette Grundlag, vil Vinkelprofilet for Sammensætningen faa det i Fig. 137 viste Udseende.

5. KRUMNINGSPROFIL OG VINKELPROFIL FOR KURVER MED UREGELMÆSSIGE OG UJÆVNE KRUMNINGSFORHOLD.

Som tidligere nævnt bruges Metoden til at rette paa Jernbanekurver, som under Trafiken er kommet ud af Form. For under disse Forhold at kunne fremstille Krumningsprofilet og Vinkelprofilet tænker man sig Kurven delt i korte Længder Δl , hvor man forudsætter Krumningen konstant, d. v. s., at man betragter Kurven som sammensat af en Række Cirkelbuer med den Middelkrumning, som Kurven har paa vedkommende Sted. Naar man vælger Δl tilstrækkelig lille ($\Delta l \leq \frac{R}{100}$, ikke over 5 m), giver dette tilfreds-

stillende Nøjagtighed. Da man derved er gaaet over til Buestykker af endelig Længde, maa den tidligere anvendte Integration erstattes af en Summation, og Vinkelprofilets Ligning (8) antager da følgende Udseende:

$$y = \Sigma z \cdot \Delta x = \Sigma \frac{c_2}{\rho} \cdot \Delta x, \quad \text{hvor} \quad \Delta x = c_1 \cdot \Delta l.$$

Da $c_3 = \frac{c_2}{c_1}$, kan Ligningen skrives

$$y = \Sigma \frac{1}{\rho} \cdot \frac{c_2}{c_1} \cdot c_1 \cdot \Delta l = c_2 \Delta l \cdot \Sigma \frac{1}{\rho} \quad (18)$$

hvor c_2 er den tidligere nævnte Vinkelmaalestok.

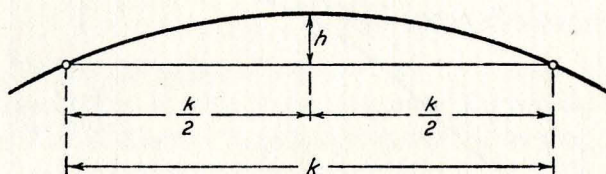


Fig. 138.

Krumningen $\frac{1}{\rho}$ bestemmes ved *Pilhøjdemaaaling paa bestemte Kordelængder*. Kaldes Kordelængden k (Fig. 138) er med Tilnærmelse

$$\frac{1}{\rho} = \frac{8h}{k^2}$$

naar h er Pilhøjden. Pilhøjden maales paa Kordelængder, som er et Multiplum af Δl . Betegnes dette Multiplum med c_4 , bliver

$$k = c_4 \cdot \Delta l \quad \text{og} \quad \frac{1}{\rho} = \frac{8h}{c_4^2 (\Delta l)^2}$$

Vinkelprofilets Ligning gaar da over til:

$$y = c_2 \Delta l \Sigma \frac{8h}{c_4^2 (\Delta l)^2} = \frac{8c_2}{c_4^2 \cdot \Delta l} \cdot \Sigma h \quad (19)$$

Sættes

$$\frac{8c_2}{c_4^2 \cdot \Delta l} = c_5 \quad (20)$$

bliver Ligningen

$$y = c_5 \Sigma h \quad (21)$$

Som man vil forstaa, vil Ordinaterne i Krumningsprofilen z blive $= c_s h$, naar de direkte skal summeres i Vinkelprofilen. Et Eksempel paa Krumningsprofil og Vinkelprofil, konstrueret paa denne Maade, er vist i Fig. 139.

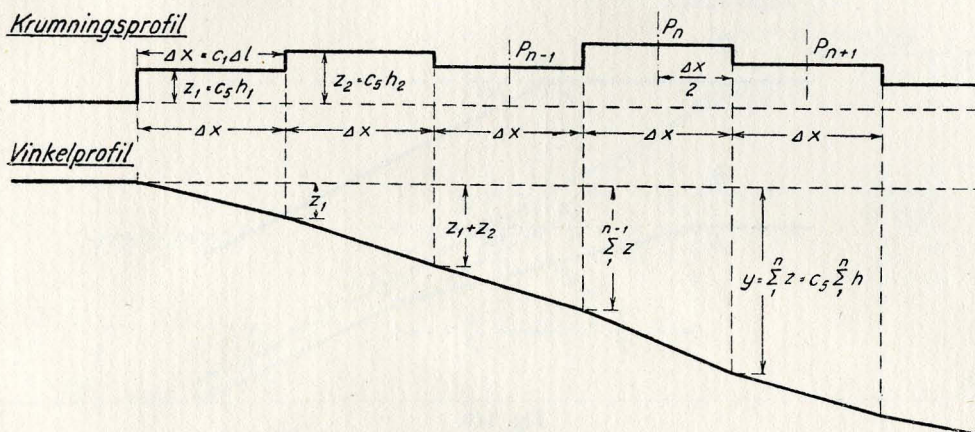


Fig. 139.

Det vil af Vinkelprofilen uden videre ses, at Ordinaterne y i dette maa afsettes ved Enden af Buedelene og saaledes bliver forskudt $\frac{\Delta x}{2}$ til Siden for vedkommende Punkt, da Vinklen først i dette Punkt har faaet sin fulde Værdi.

Hvis Sporet paa et Sted havde et skarpt Knæk ($\frac{1}{\rho} = \infty$), som ved Maa-ling gav en bestemt Pilhøjde svarende til en vis Radius, vilde naturligvis Vinkelprofilen konstrueret paa denne Pilhøjde give misvisende Resultater. Deraf kommer den tidligere angivne Fordring, at Udgangskurven skal have et nogenlunde jævnt Forløb uden udprægede Knæk.

Ved Overgang fra ret Linie til Kurve vil det ved Pilhøjdemaaingen undertiden ske, at en Del af Korden falder i den rette Linie og en Del i Kurven. Vinkelprofilen kan da faa et Udseende som i Fig. 140 b, selv om man har en Cirkelbue, som direkte tangerer den rette Linie, og hvor Vinkelprofilen skulde være en ret Linie (Fig. 140 a). Korrektionen kan i dette Tilfælde ske (Fig. 140 b), ved at forlænge den rette Linie CD , saa Profilen bliver BAC i Stedet for BEC . Skulde det imidlertid vise sig, at Afrundingen BEC bliver længere end den anvendte Kordelængde, tyder dette paa, at man

staar overfor en Overgangskurve, og den antydede Korrektion maa da selvfølgelig ikke gøres.

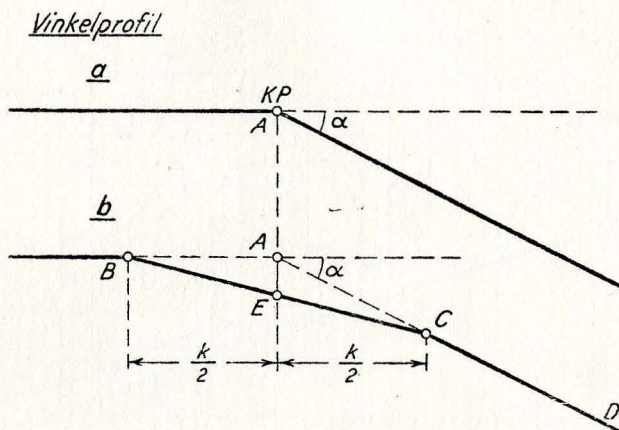


Fig. 140.

6. BESTEMMELSE AF AFSTANDENE a (jfr. Pkt. 1) AF VINKELPROFILERNE. SUMPROFIL.

I Fig. 141 er ved en punkteret Linie fremstillet Vinkelprofillet af en Jernbanekurve (Venstrekurve), som skal rettes. Ligeledes er med fuldt optrukket Linie vist Profillet for den rettede Kurve. Som man ser, har Kurven Overgangskurver i begge Ender (jfr. Fig. 136).

Gaar man ud fra, at de to Kurver har samme Hovedtangenter, at de rette Linier beholder deres Beliggenhed, følger heraf to Ting:

a) Centervinklen bliver ved de to Kurver lige stor. Følgelig maa de to Vinkelprofilers Hovedordinat H være den samme.

b) Af denne Grund maa Ordinatdifferenserne ved de to Profiler paa den valgte Længdedeling Δx ophæve hverandre, altsaa balancere. Deraf følger, at Vinkelprofillet for den rettede Kurve (*Balanceprofillet*) maa lægges saaledes, at det afskærer lige store Arealer paa begge Sider af Vinkelprofillet for den Kurve, som skal rettes. Dette vil atter sige, at den Flade, som de to Profiler danner med Abscisseaksen og en fælles Endeordinat (som enten kan ligge ved Enden af Korrektionen eller udenfor) maa være lige store.

Paa dette Grundlag kan Balanceprofillets Beliggenhed beregnes. Som det,

fremgaar af det tidligere udviklede, kan Vinkelprofilets Flade indenfor de foran nævnte Grænser ved den Kurve, som skal rettes, udtrykkes ved:

$$F_1 = \Delta x \Sigma_1^k y = \Delta x \Sigma_1^k \Sigma_1^n z = \Delta x c_5 \Sigma_1^k \Sigma_1^n h.$$

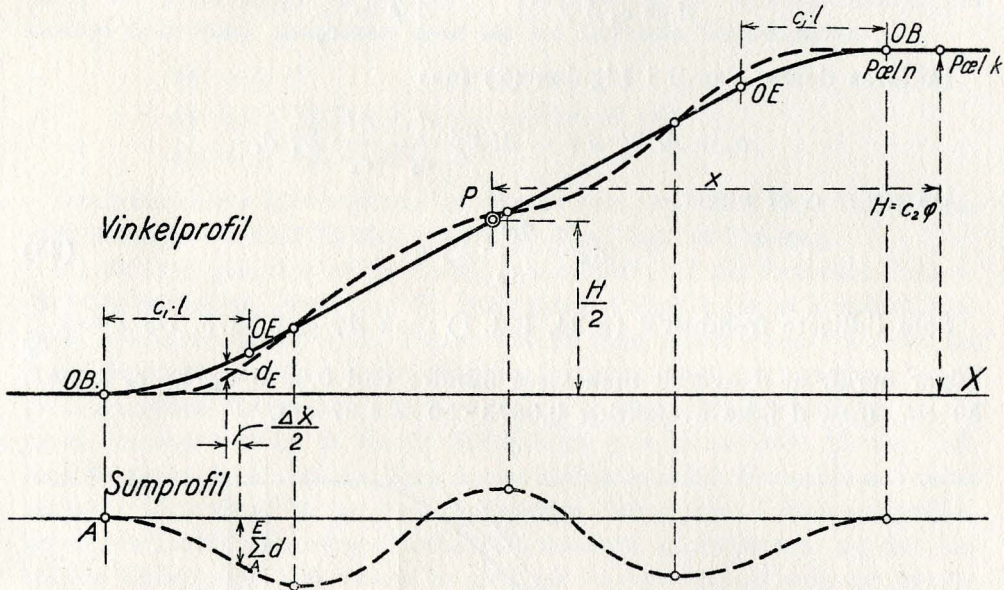


Fig. 141.

Den tilsvarende Flade for Balanceprofilen (Fig. 141) er:

$$F_2 = x \cdot H = x \cdot c_5 \Sigma_1^n h; \quad F_1 = F_2 \quad \text{hvoraf}$$

$$x = \Delta x \frac{\Sigma_1^k \Sigma_1^n h}{\Sigma_1^n h} \quad (22)$$

Dette giver Punkt *P* (Fig. 141 og 142). Som det vil ses, kan der gennem dette Punkt lægges vilkaarlig mange rette Linier, som hver for sig repræsenterer en bestemt Kurveradius — givet ved Liniens Vinkel med Abscisseaksen — og som alle har samme Fladeindhold (Trapezflader) og følgelig opfylder Kravene for Balanceprofilens Beliggenhed. Punkt *P* er altsaa et fast Punkt for alle Balanceprofiler, og man har herved faaet et Udgangspunkt, hvorfra man med Lethed kan fastlægge den Kurveradius, som giver mindste Flytning af Sporet, eller som iøvrigt passer bedst.

Med den saaledes bestemte Beliggenhed af Balanceprofilen kan Vinkel-

differenserne i et hvilket som helst Punkt tages af Vinkelprofilet, og summeres disse fortløbende fra Udgangspunktet, fremkommer Sumprofilet Fig. 141. Af dettes Ordinater kan Afstanden mellem Kurverne beregnes:

$$d = c_2 \Delta \varphi \qquad \Delta \varphi = \frac{d}{c_2}$$

Indføres denne Værdi i Ligning (2) faas

$$a_E = \Delta l \Sigma_A^E \Delta \varphi = \Delta l \Sigma_A^E \frac{d}{c_2} = \frac{\Delta l}{c_2} \cdot \Sigma_A^E d.$$

Da $\Delta x = c_1 \Delta l$ bliver:

$$a_E = \frac{\Delta x}{c_1 c_2} \cdot \Sigma_A^E d \qquad (23)$$

Som tidligere fremhævet (§ 24, Pkt. 1) maa $\Delta \varphi < 0,0873$. Da $\Delta \varphi = \frac{d}{c_2}$ følger heraf, at d overalt maa være mindre end $0,0873 c_2$. Er c_2 f. Eks. 50 cm, maa d ikke overskride $0,0873 \cdot 50 = 4,37$ cm.

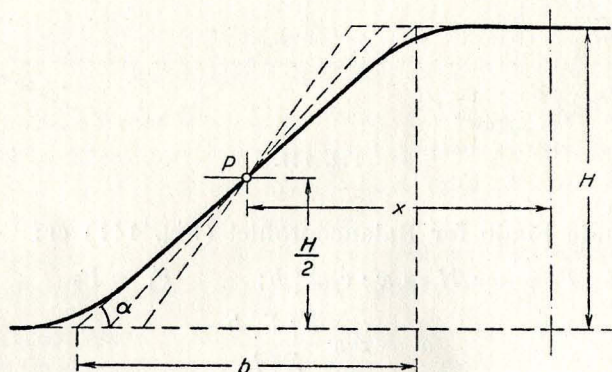


Fig. 142.

Bestemmelsen af Vinkeldifferenserne og Kurvernes Afstand kan naturligvis ogsaa gøres helt analytisk, naar man beregner Ordinaterne i Balanceprofilet (den nye Kurves Vinkelprofil) fra Begyndelsen til Enden.

7. FORTRUKKET VINKELPROFIL.

Staar man overfor en Kurve (eller en sammensat Kurve) med stor Centervinkel, kan Vinkelprofilets Ordinat H blive saa stor, at Optegningen i de

almindelige Maalestoksforhold bliver uhensigtsmæssig. Desuden kan Vinkelprofilet ved skarpere Kurver blive saa stejlt, at det bliver vanskeligt med tilstrækkelig Nøjagtighed at finde Ordinatudifferensen mellem de to Profiler. For under disse Omstændigheder at kunne faa en Tegning med bedre Forhold, kan man bruge en fortrukket Fremstilling af Vinkelprofilerne; en saadan faar man, naar man gaar ud fra følgende Grundudtryk

$$dx = c_1 dl \quad \text{se Formel (3)}$$

$$dy + dx \cdot \operatorname{tg} \beta = c_2 d\varphi_1, \text{ se Formel (4)}$$

$$dy = c_2 d\varphi_1 \div dx \operatorname{tg} \beta.$$

Længdemaalene bliver altsaa de samme som før, mens man for Vinkelordinaterne i Forhold til den vandrette Akse faar et Fradrag.

Da $dx \cdot \operatorname{tg} \beta$ paa den valgte Deling er konstant, vil det fortrukne Vinkelprofil fremkomme, naar man fra hver maalt Pilhøjde gør et konstant Fradrag, svarende til $dx \cdot \operatorname{tg} \beta$. Derfor kalder man ogsaa denne Metode for *Pilhøjdeforkortning*, idet hver Pilhøjde forkortes med en passende Værdi (ved analytisk Beregning i Almindelighed 5 eller 10). Undertiden er det ogsaa hensigtsmæssigt at forøge Pilhøjderne paa tilsvarende Maade (*Filhøjdeforøgelse*, § 24, Pkt. 9). Naar denne Reduktion eller Forøgelse anvendes saavel i Vinkelprofilet for den oprindelige Kurve som i Balanceprofilet, bliver Ordinatudifferenserne (Vinkeldifferenserne) uforandrede, og det fortrukne Vinkelprofil kan altsaa bruges paa samme Maade som det almindelige.

Et tydeligere Indtryk af Metoden faar man af Fig. 143 a. Øverst er vist Vinkelprofilet for en Højrekurve uden Overgangskurver (se ogsaa Fig. 134) i den sædvanlige Fremstilling; nederst Vinkelprofilet for den samme Kurve med Pilhøjdeforkortning. Som man ser, aftager Figurens Højde med de samme Maalestokke i væsentlig Grad. De vandrette Linier er erstattet med skraa Parallellinier under Vinklen β , og Kurvens Vinkelprofil faar en mindre Hældningsvinkel med en vandret Linie ($\alpha > \alpha_1$). Alle Maal maa fremdeles tages i lodret Retning (Ordinater) eller i vandret Retning (Abscisser). Maal i andre Retninger har lige saa lidt her som ved det almindelige Vinkelprofil nogen Mening, idet det vilde blive en Komposant af en Vinkel og en Længde.

Fig. 143 b viser Forholdet for en Højrekurve med Overgangskurver, som skal rettes. Gaar man ud fra den viste Udgangsabszisseakse, bør den første Ordinat vælges saaledes, at man overalt faar positive Ordinater; det er ikke absolut nødvendigt, men det giver en enklere Regning.

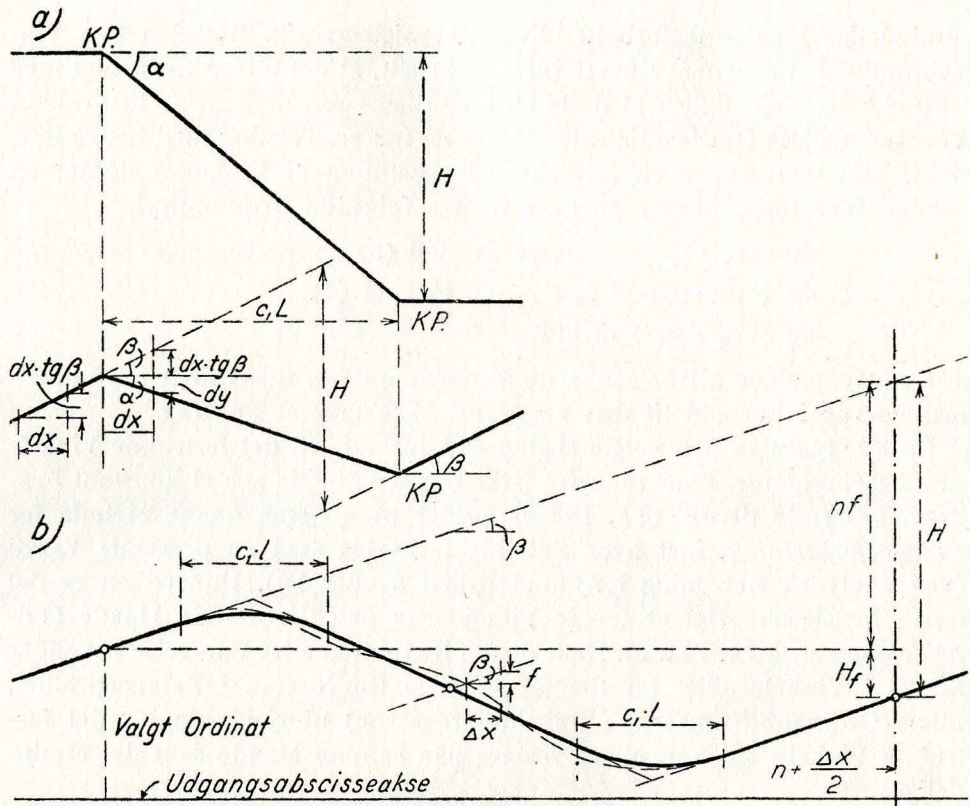


Fig. 143.

Som foran omtalt, gøres der ved hver maalt Pilhøjde et konstant Fra-
drag. Kaldes dette F , bliver de forkortede Pilhøjder

$$h_f = h \div F.$$

Ved den første Afsætning i Vinkelprofilet, hvor Krumningen gør sig gæl-
dende, er

$$y = \frac{8 c_2}{c_4^2 \cdot \Delta l} \cdot h \quad (\text{jfr. Lign. 19}) \quad \text{eller}$$

$$y = \frac{8 c_2}{c_4^2 \cdot \Delta l} (h_f + F) = \frac{8 c_2}{c_4^2 \cdot \Delta l} h_f + \frac{8 c_2}{c_4^2 \cdot \Delta l} \cdot F.$$

Forkortningen maalt i Vinkelprofilet er altsaa

$$f = \frac{8 c_2}{c_4^2 \Delta l} \cdot F \quad \text{og} \quad \text{tg } \beta = \frac{f}{dx}.$$

Mellem Summen af Højderne bestaar følgende Forhold:

$$\Sigma_1^n h_f = \Sigma_1^n h \div n \cdot F,$$

hvilket i Vinkelprofilen svarer til følgende Udtryk (Fig. 143 b)

$$H_f = H \div n \cdot f.$$

8. DEN PRAKTISKE UDFØRELSE AF PILHØJDEMAALINGEN.

Det er tidligere (§ 24, Pkt. 1) omtalt, at hvis man skal faa den tilstrækkelige Nøjagtighed, maa Delingen af Buen $\Delta l \leq \frac{R}{100}$.

Det kan anbefales at anvende:

for R indtil 200 m	$\Delta l = 200$ cm
- $R = 200$ —300 m	$\Delta l = 250$ cm
- $R = 300$ —400 m	$\Delta l = 300$ cm
- $R = 400$ —500 m	$\Delta l = 400$ cm
- $R > 500$ m	$\Delta l = 500$ cm

Større Værdier af Δl end 500 cm anvendes kun ved Kurver med Radius $R > 2000$ m.

Pilhøjderne maales som tidligere nævnt paa Kordelængder, som er et Multiplum af Δl , i Almindelighed $4 \cdot \Delta l$ ($c_4 = 4$). Bruger man større Buelængder end 500 cm, formindskes c_4 til 2 for ikke at faa for stor Snorlængde ved Pilhøjdemaalingen.

Før Pilhøjdemaalingen maales det Linieafsnit, der skal rettes, igennem med Kæde, idet man som Kædelængde benytter Δl . Som Udgangspunkt vælger man et Punkt i den rette Linie, som bør ligge mindst $\frac{c_4 \Delta l}{2}$ bag Kurvepunktet. Dette Punkt kaldes Pæl 0, og iøvrigt nummereres og betegnes de enkelte Delepunkter som Pæle ved almindelig Kædemaaaling. Maalingen foretages paa ydre Skinne i Kurven, og Delestregerne anbringes helst paa Ydersiden af Hovedet med Pælnummer skrevet paa Skinnekroppen nederunder. Gaar Maalingen over to uensrettede Kurver, skiftes Skinne paa det retliniede Stykke mellem dem, idet man gaar retvinklet over. Under Maalingen maales ind og mærkes i Maalebogen de Punkter, som har særlig Interesse, f. Eks. Kurvepunkter og Punkter i Sporet, hvor dette ikke kan

flyttes, eller hvor Flytningen maa begrænses som ved Broer, Perroner, Master o. lign.

Pilhøjderne maales derefter paa den ovenfor nævnte Kordelængde. Ved Pilhøjdemaalingen er det ønskeligt at have et Apparat, ved hvilket man kan maale baade positive og negative Pilhøjder. Der findes forskellige Maaleapparater, som dog ikke skal omtales nærmere.

9. SPECIELLE OPGAVER

Pilhøjdemaaaling kan bruges til Løsning af en Række forskellige Opgaver. Man kan saaledes udstikke en Jernbanekurve uden i Forvejen at have noget Spor at holde sig til ved foreløbig at anbringe Pæle i konstant Afstand, og som med Tilnærmelse følger Kurven. Metoden kan ogsaa anvendes, hvor en Kurve skal ændres af Hensyn til Indlægning af et Sporskifte.

Skal en Kurve rettes, hvor et bestemt Punkt er fast, — hvilket bliver Tilfældet, naar Sporet her af en eller anden Grund ikke kan flyttes, — deler man Behandlingen i to Afsnit, hvor det paagældende Punkt er Delepunktet.

Der kan blive Tale om, at et bestemt Punkt maa flyttes et vist Maal ud eller indefter; der kan foretages Flytning af Kontrakurver, saaledes at et mellemliggende retliniet Stykke forlænges. Det sidste kan blive nødvendigt, hvor Hastigheden skal forøges; dette kræver nemlig, at Overhøjden skal forøges, og derigennem ogsaa Overgangskurvernes Længde, der yderligere forøges, ved at Stigningen paa Overhøjderampen gøres mindre.

10. SPORETS FLYTNING

Sporet bør flyttes, snarest muligt efter at Pilhøjderne er maalt, og Flytningerne beregnet, for at Sporets Plads ikke i Mellemtiden skal være blevet ændret. Ballastens Beskaffenhed, Trafikens Størrelse og Tyngde spiller her en Rolle, men især faar Sporets Udvidelse og Sammentrækning som Følge af Temperatursvingninger Betydning. Det sikreste er, at man ved Kædemaalingen fastlægger Sporet i Forhold til tilstrækkelig faste Pæle, som bør staa udenfor Ballastprofilet, og man saa, samtidig med Pilhøjdemaalingen, maaler Sporets Beliggenhed ind i Forhold til disse Pæle. Da kan Sporets Flytning senere reguleres i Forhold til Pælene, og man er uafhængig af, om Sporet har flyttet sig, eller ved Baksningen forskyder sig i Punkter, som endnu ikke er reguleret.

LITTERATURFORTEGNELSE

Bøger:

- K. Heje: Vei- og Jernbanebygging. Oslo 1941.
H. Vanderrydt et E. Minsart: Cours d'exploitation des Chemins de fer. Paris et Liège 1922.
Jean Tuja: L'Exploitation technique du Chemin de fer, l'organisation du transport. Paris 1946.
René Bourgeois: L'Exploitation commerciale des Chemins de fer français. Paris 1946.
H. Zimmermann: Die Berechnung des Eisenbahnoberbaues Berlin 1941.
A. Bloss: Oberbau und Gleisverbindungen, Berlin 1927.

Tidsskrifter:

- Annales des Ponts et Chaussées. Paris.
Dansk Vejtidskrift. Kjøbenhavn.
»Ingeniøren«. Kjøbenhavn.
Le Génie Civil. Paris.
Meddelelser fra Norges Statsbaner. (M. f. N. S.) Oslo.
Meddelelser fra Vegdirektøren. Oslo.
Organ für die Fortschritte des Eisenbahnwesens. Berlin.
Railway Gazette. London.
Revue Générale des Chemins de fer. Paris.
Svenska Vägföreningens Tidskrift. Stockholm.
Teknisk Tidskrift. Stockholm.
Teknisk Ukeblad. Oslo.

