

OVERBYGNINGSBEREGNING.

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

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

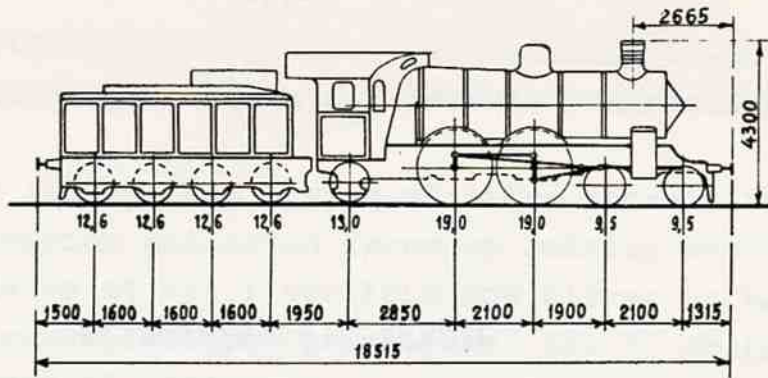


Fig. 48a: P-maskine.

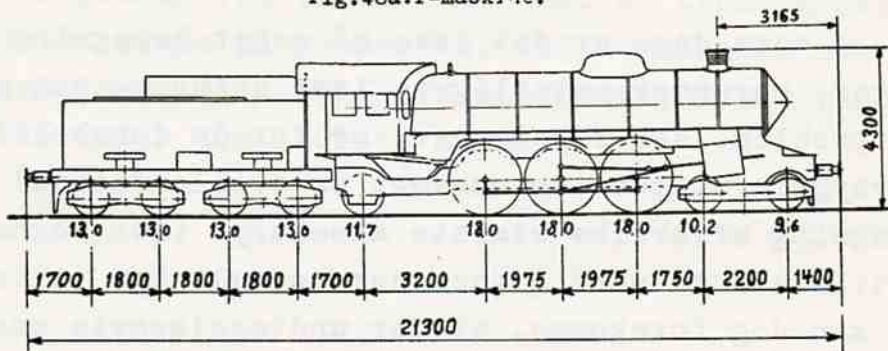


Fig. 48b: E-maskine.

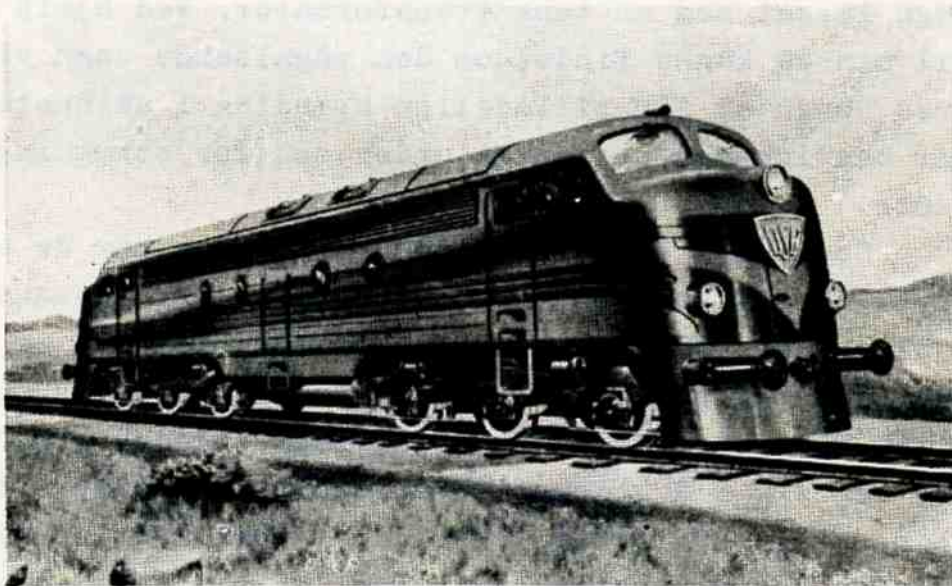


Fig. 48c: D.S.B's nye diesellok.

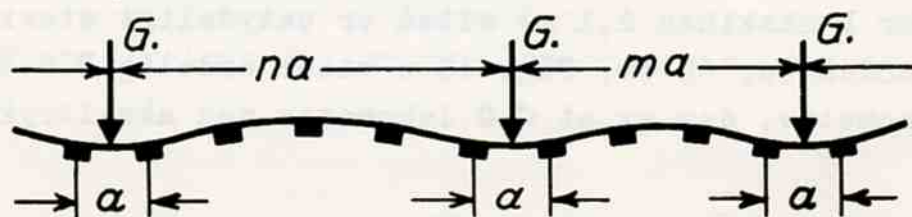


Fig. 49: Akseltrykkenes fordeling ved akselafstandsformlen.

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

v	α
60	1,12
100	1,33
120	1,48
160	1,85

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

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

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

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

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

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

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

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

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

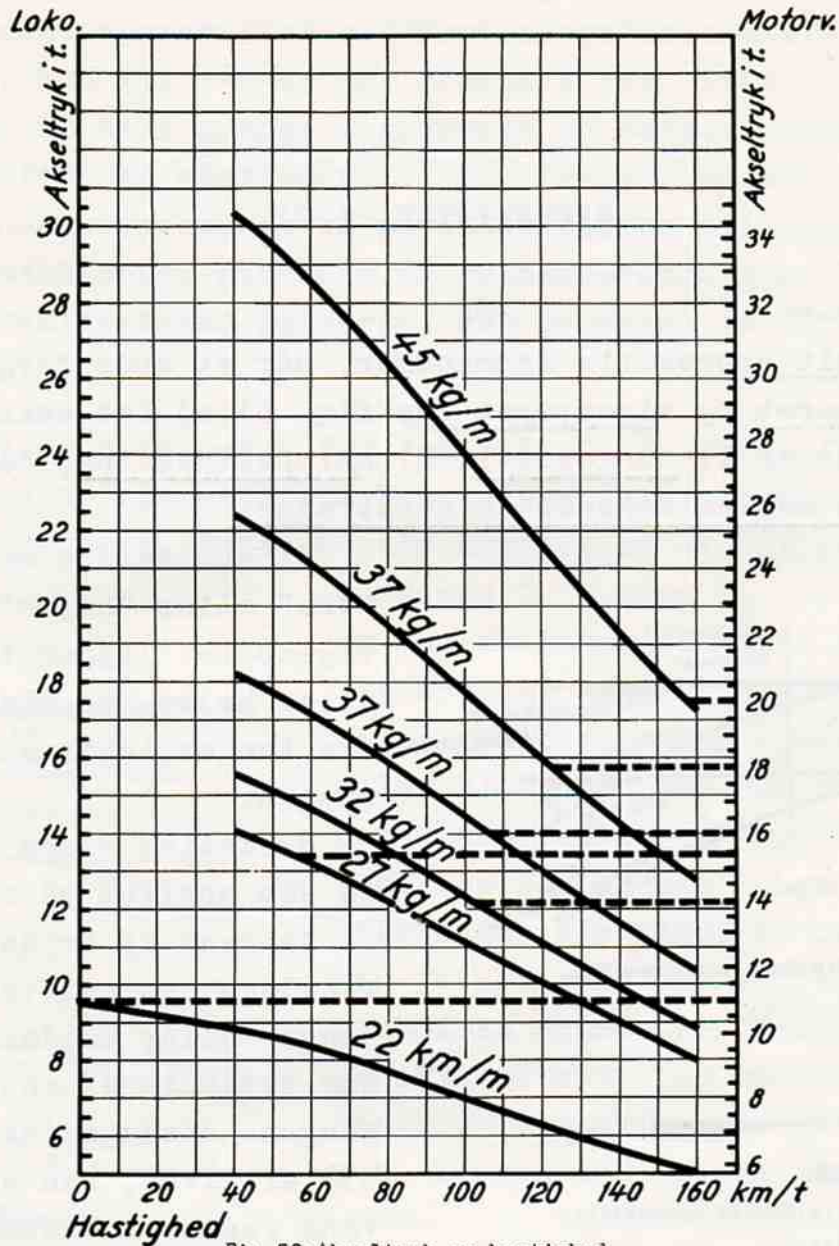


Fig.50:Akseltryk og hastighed.

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

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