

Beregning af drivaksler. 1500-2400 hk. diesel-el. lokomotiv.

Hjulsættet beregnes som kørende under 1500 hk. eller 2400hk. lokomotiv med 2 eller 3 motorer i bogien, afhængigt af, hvor den farligste påvirkning indtræffer for de forskellige kræfter.

Da hjul 1 og 2 er forbundet med balance, så $R_1 = R_2$ (2400hk) ligger tyngdepunktet for $R_1 + R_2$ 1000 mm fra R_2 . Hvor tillægskræfter er størst for hjul 3, regnes med disse.

1. Undersøgelse for statiske kræfter med startstrøm i motoren.

A. Lodrette momenter.

1) Statiske lodrette tryk. Største statiske akseltryk for hjul 3 (1500 hk) $R_3 = 18100$ kg. Vægt af 1/2 banemotor: 1475 kg, der giver $V_1 = V_2 = 738$ kg.

Tandhjul: 175 kg, der giver $T = 175$ kg. Vægt af hjulsæt = 1380 kg. Hvert leje vejer 120 kg. Statiske taptryk $P_3L_1 = P_3L_2 = (18100 + 1380 + 1475 + 175) \cdot \frac{1}{2} = 9900$ kg.

$M_{xR} = 7535 \cdot 9,8 = 73900$ kgcm $M_{xB} = 7535 \cdot 10,8 = 81400$ kgcm
 $M_{xC} = 7535 \cdot 13 = 98000$ kgcm $M_{xD} = M_{xO} = 7535 \cdot 22,8 = 172000$ kgcm

For kræfter V_1, V_2 og T fås følgende reaktioner:

$R_{3L_1} = 175 \cdot 1308 + 738 \cdot 1070 + 738 \cdot 274 = 815$ kg
 $R_{3L_2} = 175 \cdot 192 + 738 \cdot 430 + 738 \cdot 1226 = 836$ kg

Jalt $R_{3L_2} = 7535 + 815 = 8350$ kg.

$R_{3L_1} = 7535 + 836 = 8371$ kg.

$M_{xE} = +172000 + 815 \cdot 19,2 = +156400$ kgcm.

$M_{xF} = +172000 + 815 \cdot 43 = +175838 = +141200$ kgcm.

$M_{xI} = +172000 + 836 \cdot 88,1 + 738 \cdot 50,7 = +143200$ kgcm.

$M_{xII} = +172000 + 836 \cdot 46,3 + 738 \cdot 18,9 = +147100$ kgcm.

$M_{xG} = +172000 + 836 \cdot 27,4 = +149100$ kgcm.

2. Startstrøm i motoren for 2400 hk. O t i kroen.

Maksimal trækraft pr motor:

$Z \sim 18000 \cdot 0,33 = 5950$ kg. Tandtryk $T = \frac{5950 \cdot 507,5}{332,5} \sim 9100$ kg.

Reaktion U i rammen: $U = \frac{5950 \cdot 507,5}{880} = 3420$ kg.

Reaktion fra U og T på motoren overføres i V_1 og V_2

$V_1 = \frac{9100 \cdot 1034}{796} + \frac{3420 \cdot 476}{796} = 9770$ kg.

$V_2 = \frac{9100 \cdot 238}{796} + \frac{3420 \cdot 320}{796} = 4090$ kg.

Samlet trækraft: $6 \cdot 5950 = 35700$ kg.

Vægt af overdel: 6506 kg. $Z_1 = \frac{35700 + 6506}{10800} = 21700$ kg.

Virkende 2025 mm o.s.k. $Z_1 = 10850$ kg.

Vægt af bogie uden hjulsæt, motorer og tandhjul.

$21470 = (3 \cdot 1380 + 3 \cdot 175 + 3 \cdot 2950) = 7955$ kg.

Trækraft $Z_2 = \frac{35700 + 7955}{10800} = 2630$ kg. Virkende 642 mm o.s.k.

Start af hjulsæt: $Z_6 = \frac{35700 + 1380}{10800} = 458$ kg. (Denne belastning ses der bort fra, da den må regnes at ligge ved hjulskiverne)

Start af tandhjul: $T_2 = \frac{35700 \cdot 175}{108000} = 58$ kg.

Start af banemotor: $V_1Z + V_2Z = \frac{35700 \cdot 2950}{10800} = 976$ kg.

$V_1Z = V_2Z = \frac{1}{2} \cdot 976 = 488$ kg.

Vandret taptryk pr ende: $\frac{1}{2}(5950 + 458 + 58 + 796) = P_3V_1 = P_3V_2$

$P_3V_1 = P_3V_2 = 2229$ kg. Jdet $Z_1 = (21700 \text{ kg})$ førtst flyttes til drejetap, fås med den viste kørselstrøning:

$P_3L_1 = P_3L_2 = \frac{21700(2025 + 1065) + 1065 \cdot 1000}{2 \cdot 10180 \cdot 3000} + \frac{10850(1065 + 507,5)}{2 \cdot 3000} = 700$ kg.

$\frac{2630(642 + 507,5)}{2 \cdot 3000} + \frac{3420 \cdot 240}{2 \cdot 3000} + \frac{3420 \cdot 2120}{2 \cdot 3000} = 1050$ kg.

J aksel 1 og 2: $P_{1L_1} = P_{1L_2} = P_{2L_1} = P_{2L_2} =$

$\frac{21700(2025 + 1065) + 1940 \cdot 1000}{2 \cdot 10180 \cdot 3000} + \frac{10850(1065 + 507,5) \cdot 1000}{2 \cdot 3000} = 1050$ kg.

$\frac{2630(642 + 507,5)}{2 \cdot 3000} + \frac{3420 \cdot 240}{2 \cdot 3000} + \frac{3420 \cdot 2120}{2 \cdot 3000} = 1050$ kg.

Motorenes påvirkning på akslerne 2 og 3:

$T = 9100$ kg. $V_1 = 9770$ kg. $V_2 = 4090$ kg. På aksel 1:

$T = 9100$ kg. $V_1 = 9770$ kg. $V_2 = 4090$ kg.

$R_{2L_2} = R_{3L_2} = \frac{9100 \cdot 1308 + 9770 \cdot 1070 + 4090 \cdot 274}{1500} = 1720$ kg.

$R_{2L_1} = R_{3L_1} = \frac{9100 \cdot 192 + 9770 \cdot 430 + 4090 \cdot 1226}{1500} = 1700$ kg.

$R_{2L_2} = 1720$ kg. $R_{1L_1} = 1700$ kg. Lodrette momenter fra start:

Farligste påvirkning i aksel 1 eller 2, 1050 kg > 700 kg. Momenter og fortegn hørende til aksel 1 angives ved: [-]

$M_{xR} = +1050 \cdot 9,8 = +10300$ kgcm. $M_{xB} = +1050 \cdot 10,8 = +11350$ kgcm.

$M_{xC} = +1050 \cdot 13 = +13700$ kgcm.

$M_{xD} = +1050 \cdot 22,8 = +24000$ kgcm.

$M_{xE} = +24000 + 1720 \cdot 19,2 = +57000$ [+9000 kgcm]

$M_{xF} = +24000 + 1720 \cdot 43 + 9100 \cdot 238 = +117000$ [+165000 kgcm]

$M_{xI} = +24000 + 1700 \cdot 88,1 + 4090 \cdot 60,7 = +74000$ [+121700 kgcm]

$M_{xII} = +24000 + 1700 \cdot 46,3 + 4090 \cdot 18,9 = +26200$ [+21800 kgcm]

$M_{xG} = +24000 + 1700 \cdot 27,4 = +70600$ [+22600 kgcm]

B. Vandrette momenter.

Det undersøges ikke om disse evt. kunne være farligere i en aksel v. 1500 hk, forskellen må være lille og uden betydning v. geometrisk sammensætning med de lodrette kræfter.

Vandrette reaktioner:

$R_{1V_1} = R_{2V_1} = 2229 + \frac{488 \cdot 1226 + 488 \cdot 430 + 58 \cdot 192}{1500} = 2776$ kg.

$R_{1V_2} = R_{2V_2} = 2229 + \frac{488 \cdot 274 + 488 \cdot 1070 + 58 \cdot 1308}{1500} = 2717$ kg.

$M_{yR} = 2229 \cdot 9,8 = 21850$ kgcm. $M_{yB} = 2229 \cdot 10,8 = 24100$ kgcm.

$M_{yC} = 2229 \cdot 13 = 29000$ kgcm.

$M_{yD} = 2229 \cdot 22,8 = 50800$ kgcm.

$M_{yE} = 2229 \cdot 42 + 2717 \cdot 19,2 = 41500$ kgcm.

$M_{yF} = 2229 \cdot 65,8 + 2717 \cdot 430 + 58 \cdot 23,8 = 31580$ kgcm.

$M_{yI} = 2229 \cdot 110,9 + 2776 \cdot 88,1 + 488 \cdot 60,7 = 30800$ kgcm.

$M_{yII} = 2229 \cdot 69,1 + 2776 \cdot 46,3 + 488 \cdot 18,9 = 34190$ kgcm.

$M_{yG} = 2229 \cdot 50,2 + 2776 \cdot 27,4 = 36000$ kgcm.

C. Vridning under start.

$M_u = 9100 \cdot 33,25 \sim 303000$ kgcm. Halvdelen overføres gennem nav og aksel i snitene: $D_2, E, F, I, II, G,$ og $D_1, H,$ hjul 1. $M_u = 151500$ kgcm. 3 øvrige snit: $M_u = 0$

Jalt for statiske kræfter med startstrøm i motoren.

a. Snit A-A. $d = 130$ mm. Med 3 mm afdrejning: $d = 127$ mm. $W_x = 201$ cm³

$M_{xA} = 73900 \div 10300 = 84200$ kgcm. $M_{yA} = 21850$ kgcm. $M_z = 0$

Efter T. V. og SKF: $r = \frac{6500}{9} \cdot 0,75 = 542$ kg/cm²

$M_A = \sqrt{84200^2 + 21850^2} \sim 86500$ kgcm. $\sigma = \frac{86500}{201} = 430$ kg/cm²

b. Snit B-B. $d = 130$ mm. Med 3 mm afdrejning: $d = 127$ mm. $W_x = 201$ cm³

$M_{xB} = 81400 \div 11350 = 92750$ kgcm. $M_{yB} = 24100$ kgcm. $M_z = 0$

$M_B = \sqrt{92750^2 + 24100^2} \sim 96000$ kgcm.

$\sigma = \frac{96000}{201} = 478$ kg/cm² $\tau = \frac{6500}{9} = 722$ kg/cm²

c. Snit C-C. $d = 135$ mm. $W_x = 241,5$ cm³

$M_{xC} = 98000 \div 13700 = 111700$ kgcm. $M_{yC} = 29000$ kgcm.

$M_C = \sqrt{111700^2 + 29000^2} \sim 115300$ kgcm

$\sigma = \frac{115300}{241,5} = 478$ kg/cm² $\tau = 722$ kg/cm²

d. Snit D-D. $d = 205$ mm. $W_x = 845$ cm³ $W_p = 1690$ cm³

$M_{xD} = 172000 \div 24000 = 196000$ kgcm. $M_{yD} = 50800$ kgcm.

$M_{yD} = 151500$ kgcm. $M_D = \sqrt{196000^2 + 50800^2} \sim 202000$ kgcm.

$\sigma = \frac{202000}{845} = 239$ kg/cm² $\tau = \frac{151500}{1690} = 90$ kg/cm²

$\sigma_1 = \frac{3}{8} \cdot 239 + \frac{5}{8} \cdot \sqrt{239^2 + 4 \cdot 90^2} = 278$ kg/cm² $\tau = 591$ kg/cm²

e. Snit E-E. $d = 205$ mm. $W_x = 845$ cm³ $W_p = 1690$ cm³

$M_{xE} = 156400 \div 57000 = 213400$ kgcm. $M_{yE} = 41500$ kgcm.

$M_E = \sqrt{213400^2 + 41500^2} \sim 217300$ kgcm.

$\sigma = \frac{217300}{845} = 257$ kg/cm² $\tau = \frac{151500}{1690} = 90$ kg/cm²

$\sigma_1 = \frac{3}{8} \cdot 257 + \frac{5}{8} \cdot \sqrt{257^2 + 4 \cdot 90^2} = 293$ kg/cm² $\tau = 591$ kg/cm²

f. Snit F-F. $d = 203$ mm. Med 8 mm afdrejning: $d = 195$ mm. $W_x = 725$ cm³

$W_D = 1450$ cm³

$M_{xF} = 141200 \div 165000 = 306200$ kgcm. $M_{yF} = 31580$ kgcm.

$M_F = \sqrt{306200^2 + 31580^2} \sim 308000$ kgcm. $\sigma = \frac{308000}{725} = 425$ kg/cm²

$\tau = \frac{151500}{1450} = 105$ kg/cm² $\sigma_1 = \frac{3}{8} \cdot 425 + \frac{5}{8} \cdot \sqrt{425^2 + 4 \cdot 105^2} = 456$ kg/cm² $\tau = 591$ kg/cm²

g. Snit G-G. $W_x = 725$ cm³ $W_D = 1450$ cm³

$M_{xG} = 149100 \div 70600 = 219700$ kgcm. $M_{yG} = 36000$ kgcm.

Snit F-F er farligere.

Rf snit I-I og II-II er I-I farligst påvirket.

i. Snit I-I. $d = 180$ mm. $W_x = 572$ cm³ $W_D = 1144$ cm³

$M_{xI} = 143200 \div 121700 = 264900$ kgcm. $M_{yI} = 30200$ kgcm.

$M_I = \sqrt{264900^2 + 30200^2} \sim 266000$ kgcm.

$\sigma = \frac{266000}{572} = 465$ kg/cm² $\tau = \frac{151500}{1144} = 133$ kg/cm²

$\sigma_1 = \frac{3}{8} \cdot 465 + \frac{5}{8} \cdot \sqrt{465^2 + 4 \cdot 133^2} = 510$ kg/cm² $\tau = 722$ kg/cm²

II. Undersøgelse for statiske og dynamiske kræfter:

A. Lodrette momenter.

1) Statiske lodrette tryk og stød.

a. For tandhjul, banemotorer og lejer: 50%

$V_2 = V_1 = 738 \cdot 1,5 = 1107$ kg. $T = 175 \cdot 1,5 = 263$ kg. $P_L = P_{L_2} = 120 \cdot 1,5 = 180$ kg.

b. Affjedret del af bogie, 2400hk. $21470 \div (6 \cdot 120 + 3 \cdot 1380 + 3 \cdot 175 + 3 \cdot 1475) = 11660$ kg. 40% stødtillæg

$P_{1L_1} = P_{1L_2} = P_{2L_1} = P_{2L_2} = \frac{11660 \cdot 2200 \cdot 1000 \cdot 1,4}{2 \cdot 3000 \cdot 2000} = 3000$ kg.

c. Overdelens tryk pr bogie: $\frac{1}{2} \cdot 65060 = 32530$. 30% tillæg.

$P_{L_1} = P_{L_2} = P_{2L_1} = P_{2L_2} = \frac{32530 \cdot 1940 \cdot 1000 \cdot 1,3}{2 \cdot 3000 \cdot 2000} = 6850$ kg.

Jalt $P_{L_1} = P_{L_2} = 180 + 3000 + 6850 = 10030$ kg.

$V_1 = V_2 = 1107$ kg. $T = 263$ kg.

$R_{1L_1} = 10030 + \frac{1107 \cdot 1226 + 1107 \cdot 430 + 263 \cdot 192}{1500} = 11286$ kg.

$R_{1L_2} = 10030 + \frac{1107 \cdot 274 + 1107 \cdot 1070 + 263 \cdot 1308}{1500} = 11251$ kg.

$M_{xR} = 10030 \cdot 9,8 = 98500$ kgcm. $M_{xB} = 10030 \cdot 10,8 = 108300$ kgcm.

$M_{xC} = 10030 \cdot 13 = 130400$ kgcm.

$M_{xD} = 10030 \cdot 22,8 = 229000$ kgcm.

$M_{xE} = 10030 \cdot 42 + 11251 \cdot 19,2 = 205000$ kgcm.

$M_{xF} = 10030 \cdot 65,8 + 11251 \cdot 43 + 263 \cdot 23,8 = 183260$ kgcm.

$M_{xI} = 10030 \cdot 110,9 + 11286 \cdot 88,1 + 1107 \cdot 60,7 = 184200$ kgcm.

$M_{xII} = 10030 \cdot 69,1 + 11286 \cdot 46,3 + 1107 \cdot 18,9 = 192400$ kgcm.

$M_{xG} = 10030 \cdot 50,2 + 11286 \cdot 27,4 = 195000$ kgcm.

2) Lodrette momenter fra centrifugalkraft.

Ved hjul 2 kan ved friktion mellem hjul og skinne overføres $H_2 = 0,15 \cdot 18000 \sim 2700$ kg. Centrifugalkraft af hjul 2 med lejer, motor og tandhjul: $(1380 + 2 \cdot 120 + 2950 + 175) \cdot 0,25 = 1186$ kg. Med sikkerhed regnes med $H_2 = 1186$ medens resten fordeles på H_1 og H_3 .

a. Centrifugalkraft af hjul 1 og 3 med lejer, tandhjul og motorer. Vægt pr hjul: $1380 + 175 + 2 \cdot 120 + 2950 = 4745$ kg

$C_1 = C_3 = 0,25 \cdot 4745 = 1186$ kg. Virkende 507,5 mm o.s.k.

b. Vægt af bogie uden aksler, tandhjul, lejer og motorer:

$21470 = (3 \cdot 1380 + 3 \cdot 175 + 6 \cdot 120 + 3 \cdot 2950) = 7235$ kg, virkende ca. 642 mm o.s.k. og ca. 160 mm (206 mm for hele bogien) for skudt for drejetappen. $C_B = 0,25 \cdot 7235 = 1810$ kg.