

HJUL OCH SKENA.

Föredrag av driftsingenjör *Anders Bergman*,
Malmö spårvägar.

Sedan länge ha spårvägsteknici sysslat med problemen kring hjul och skena och sökt utbilda arven från järnvägarna till för spårvägarna mer passande former och förhållanden, men kraven på en fulländning av spårbyggnad och det rullande materialets hjul ha under

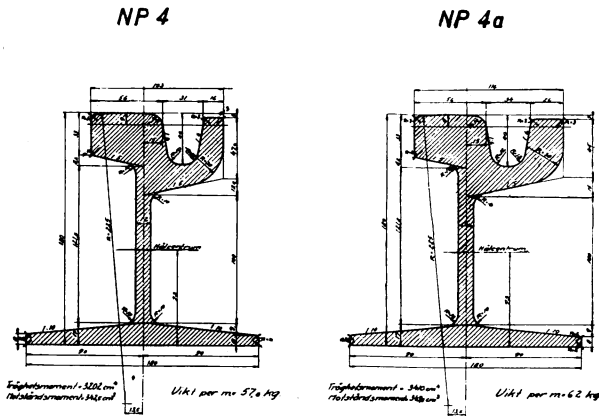


Bild 1.

de senare åren blivit allt större på grund av ökade axelavstånd samt höjda körhastigheter med åtföljande höjning av accelerationer och retardationer.

Jag avser här belysa en del frågor beträffande senaste rön över räffelbildningens orsaker samt beträffande hjulets och rännskenas profilering, material och inbördes avnöttningsförhållanden. Givetvis måste jag därvid beröra frågor, som äro väl bekanta för många av de närvarande, men en kort sammanfattning av kända förhållanden hoppas jag dock kan ha sitt intresse.

Rälsprofilerna ha i Tyskland normaliserats, och dessa normalprofiler ha allmänt införts även i Sverige. Vid arbetet med standardiseringen torde utformningen av körbanan (se bild 1) utgjort en av de största stötestenarna. En del spårvägar önskade fullt plan och horisontell körbana, en del föredrog en plan men mot rillen lutande körbana, och andra höllo före, att den rundade formen vore den mest ändamåls-

enliga. Den senare formen segrade, men hade skenprofilerna normaliserats i dag, skulle körbanan säkerligen fått en annan utformning, enär de flesta spårvägar numera gått in för en i det närmaste cylindrisk form på den nysvarvade hjulringen och även lyckats avsevärt minska

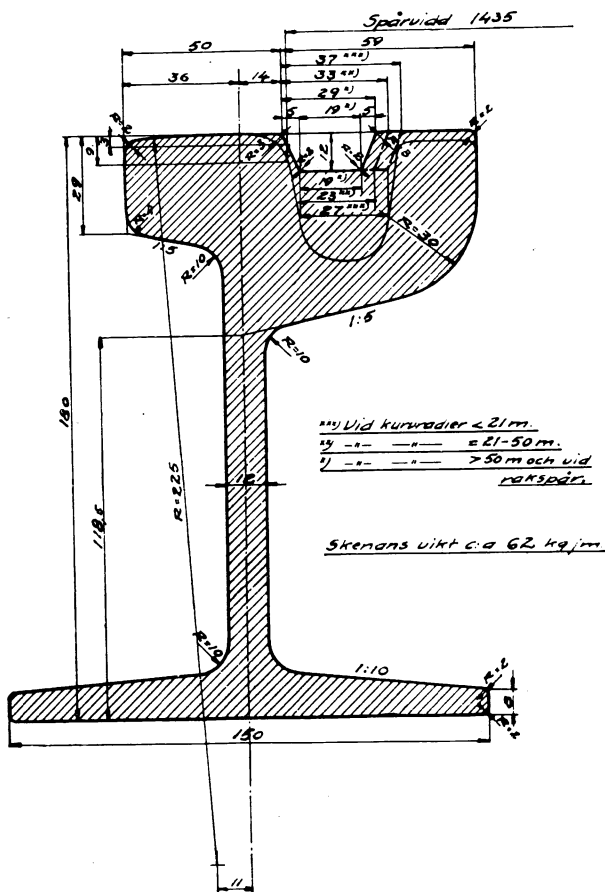


Bild 2.

koniciteten hos slitna hjul. Som normalprofilen nu är, erbjuder den vid osliten räls en synnerligen smal beröringsyta med spårvagnshjulet, vilket menligt inverkar vid inbromsning av ett tågsätt, enär slirning därvid inträffar förr än vid tillsliten räls. Detta förhållande bör ett spårvägsföretags trafikledning taga vederbörlig hänsyn till.

Beträffande profilen i övrigt må anmärkas, att man näppeligen kan finna någon bärande grund för att motflänsen på kurvprofilen icke gjorts lika hög eller t. o. m. något högre än körbanan utan hållits 3 mm. under denna liksom på profilen för rakspår. I rakspår är denna utformning väl motiverad, enär man ej önskar, att flänsen skall sticka

allt för högt upp över den nedslitna körbanan, och man ej heller har någon fördel av en högre fläns. Annat är emellertid förhållandet i kurvor, där en högre fläns ger ett bättre stöd åt vagnshjulen och därmed ökar kurvans livslängd. Det finns också numera åtminstone ett tyskt järnverk, som valsar kurvprofilen med körbana och fläns i jämnhöjd, och jag tror, att om spårvägarna vid offertförfrågningarna begärde anbud på sådan profil, alla ledande valsverk skulle lägga upp valsar härför.

Det må nämnas, att Hamburg fortfarande å rakspårsräls *NP 4* använder den 20 mm. utåt förskjutna foten för att därigenom giva skenan större stöd mot de krafter, som söka kantra densamma. Teoretiskt måste denna princip anses vara riktig, och jag tror även, att de teoretiska fördelarna här hava rent praktiska motsvarigheter.

Bild 2 visar de profiler, vi i Malmö använda för spårkorsningar. Den fyllda rillens form är beräknad för den hjulringsprofil, det axelavstånd och de kurvradier, som vi här ha att räkna med.

Som alla känna till, har *räffelbildningen* å räls sedan långa tider varit föremål för ett intensivt studium, och den har också varit och är fortfarande en av spårvägsteknikernas största fiender. I ett föredrag vid Svenska Spårvägsföreningens årsmöte i Hälsingborg 1928 framlade ingenjör Vidlund ett intressant koncentrat av den internationella kommitténs rapport över dess erfarenheter beträffande räffelbildningen. Man torde kort kunna sammanfatta kommitténs positiva råd för räffelbildningens undvikande sålunda:

1:o. Rälsen bör vara av ej för hårt stål med hög elasticitetsgräns och tøjning.

2:o. Skenbädden skall utföras omsorgsfullt och på lämpligt sätt med hänsyn till undergrundens natur.

3:o. Vagnarna skola hava största möjliga axelavstånd i förhållande till den totala vagnslängden och förses med elastisk men dock ej allt för mjuk upphängning.

Generaldirektör Bacqueyrise, som var den ledande i denna kommitté, uppställer i anslutning härtill följande materialspecifikationer vid rälsleveranser till Paris spårvägar: Thomas- eller martinstål med en elasticitetsgräns av över 40kg/mm^2 och så hög som möjligt, en brott-hållfasthet av minst 75kg/mm^2 och ett kvalitetstal $R + 6A$ av minst 175 (vid 100 mm. mätlängd och 150mm^2 area).

Direktör Thomas vid Kölns spårvägar, som sedan ett titotal år tillbaka ägnat räffelbildningen en särskild uppmärksamhet, anser sig hava kommit till det resultat, att räffelbildning uppstår endast, där skenbäddens motståndsförmåga varierar, och icke är beroende av räls-materialet eller det rullande materialets beskaffenhet. Vagnar med dålig gång kunna visserligen åstadkomma, att skenan skakas lös, varigenom skenbäddens motståndsförmåga utefter skenan blir olikformig

och räffelbildning inträder, men endast på detta indirekta sätt kan vagnen vara orsak till räffelbildningen.

Om skenbäddens motståndsförmåga betecknas med koefficienten C , så är C den kraft i kg., som måste åverka en ytenhet (1 cm^2) av skenfoten, för att denna ytenhet skall nedböjas 1 cm. Koefficienten C har alltså dimensionen kg/cm^2 . Om alltså p är det tryck, som verkar på skenfoten per cm^2 och y skenfotens nedböjning, få vi

$$p = C y \text{ kg/cm}^2.$$

Är exempelvis trycket 4 kg/cm^2 och koefficienten $C = 40$, blir skenfotens nedböjning $0,1 \text{ cm} = 1 \text{ mm}$.

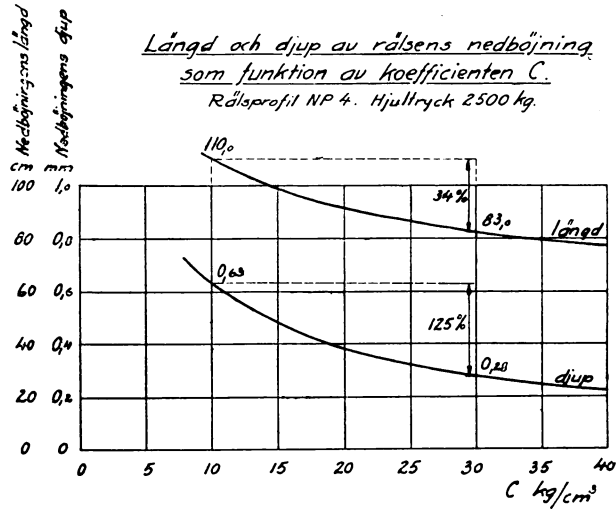


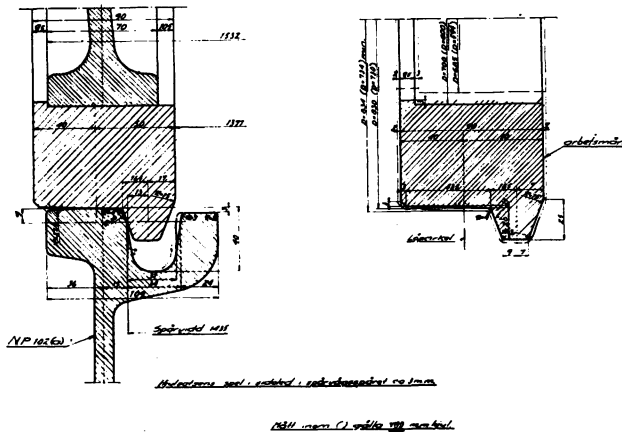
Bild 3.

Man har funnit, att koefficienten C för spårvägsräls på packlager med makadamunderstoppning i stensatt gata ligger omkring 30 kg/cm^2 men att den, om rälsen ligger lös, blir avsevärt mindre. Kurvtabellen å bild 3 visar, hur avsevärt nedböjningens längd och djup variera med olika värden på koefficienten C . Vi se härav, att med varje ändring av koefficienten C följer en ändring av nedböjningsvågen. Och givetvis ändrar sig nedböjningsvågen liksom koefficienten C icke likformigt utan växlar allt efter bottenbäddens och undergrundens beskaffenhet samt graden av rälsens inspänning i gatubeläggningen. När nu vågor med olika längd och amplitud träffa och överlagra varandra, störes skenans likformiga svängning, och under vissa omständigheter blir svängningsamplituden momentant väsentligt större än de enskilda vågornas amplituder. De höga svängningstoppar, som härvid skapas, stöta mot det framrullande hjulet och enligt den tidigare av direktör Sieber utvecklade stötteorin framarbete räfflor.

Omfattande undersökningar ligga bakom denna av direktör Thomas

belastningen kan under vissa omständigheter göra sig bemärkbar ända till ett djup av 2 m. under bottenbädden och att undergrunden intill detta djup sålunda har stort inflytande på storleken och variationerna av koefficienten C . Det är sålunda av stor vikt, att vatten hindras intränga i undergrunden och upplösa densamma.

Det torde här böra nämnas, att det näppeligen finnes en mer räffelfri spårväg än Kölns, åtminstone i vad avser nyare förläggningar, vilket förhållande man måste anse vara ett positivt resultat av direktör Thomas räffelstudier.



Måttmått med i skedd i spårvidsstället ca 1 mm

1111 mm (1.111 m) spårvid

Lind och S. N. M.

Bild 5.

Jag övergår nu till *hjulbandagens* profilering. År 1928 framlade den tyska spårvägsföreningens vagnbyggnadskommitté förslag till normalprofiler med 7 olika hjuldiametrar och 3 olika ringbredder (se *Verkehrstechnik* 1928 sid. 621), vilka emellertid ännu ej äro definitivt fastställda. I Sverige pågår som bekant standardiseringsarbetet.

Av bild 4 framgå de nu använda bandageprofilerna vid ett antal in- och utländska spårvägar.

Bild 5 visar den bandageprofil, som f. n. användes i Malmö. Flänsen har här gjorts så grov som det varit möjligt, utan att den skall spännas fast i en ny och osliten kurvskena. Vi komma inom närmaste tiden att modifiera dess form men önska först få kurvor och korsningar tillslitna efter denna teoretiskt riktiga profil. Flänstoppen kommer därvid att rundas och något material att borttagas från hjulets insida.

Man har som bekant under de senare åren allmänt sökt närma sig den rent cylindriska formen på själva löpbanan för att därigenom minska rullningsfriktionen. Tyvärr är det emellertid icke möjligt att så forma hjul och skena, att hjulets cylindriska form bibehålles under drift. På grund av att vid passerandet av en kurva den främre axeln

pressas utåt och den bakre axeln i kurvor med mindre radie inåt, rulla det inre hjulet å framaxeln och yttre hjulet å bakaxeln icke på hela sin löpbana utan endast på en del därav, den yttre, och ju mer sidosliten kurvrälsen är, desto mindre blir denna del, vilken del sålunda mest utsättes för slitage, varigenom den yttre delen får en mindre diameter än den inre och ringen blir konisk. Detta olägliga förhållande försämras ytterligare därav, att det just är det hjulet som har den minsta anliggningsytan mot rälsen, som får stå för den slirning, som oundvikligen inträder vid passerandet av en kurva, där ju den yttre

Hjulringsprofiler.

700 mm. hjulring efter 130.000 km.
utan eftervarmning vid halvrevision.

830 mm. hjulring efter 140.000 km.
med eftervarmning vid 61200 km.

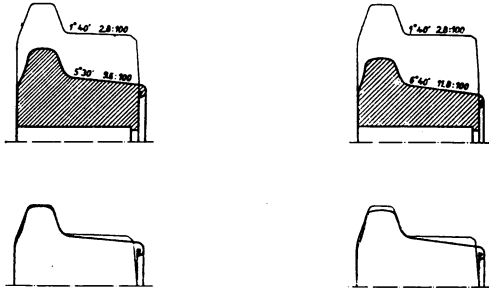


Bild 6.

strängen är längre än den inre. Vid passerandet av en kurva i exempelvis en 90° gatukorsning måste det yttre hjulet löpa ca 1,1 m. längre väg än det inre, vilket vid odelade axlar är omöjligt, varför motsvarande slirning uppstår. Genom att giva hjulbanan ca 5 mm. större bredd än skenhuvudet kan man dock minska denna koniska slitning av hjulet.

Hjulflänsens maximihöjd och maximibredd bestämmas av minsta förekommande kurvradie, rillens bredd, hjuldiametern och axelavståndet. Även inom en och samma vagnpark variera vanligen dessa förutsättningar avsevärt. Vid stor hjuldiameter (800—850 mm.) och stort axelavstånd med fasta axlar måste hjulflänsen vara avsevärt smälare än vid liten hjuldiameter (650—700 mm.) och mindre axelavstånd. Trots detta kan det ej vara ekonomiskt fördelaktigt att hava en hjulringsprofil för varje vagn typ, utan man bör i möjligaste mån inränga de olika vagn typerna inom ett färre antal huvudgrupper med var sin hjulringsprofil. För beräkandet av lämplig profil rekommenderas överingenjör Stephanys uppsats i *Verkehrstechnik* av den ^{18/3} 1927.

Är en hjulfläns rätt utbildad, ändras dess form ej nämnvärt vid normalt slitage. Bild 6 visar två hjulringsprofiler dels oslitna och dels

utslitna. Den vänstra är en 700 mm. hjulring, som rullat 130,000 km., utan att någon eftersvarvning under tiden företagits. Som synes

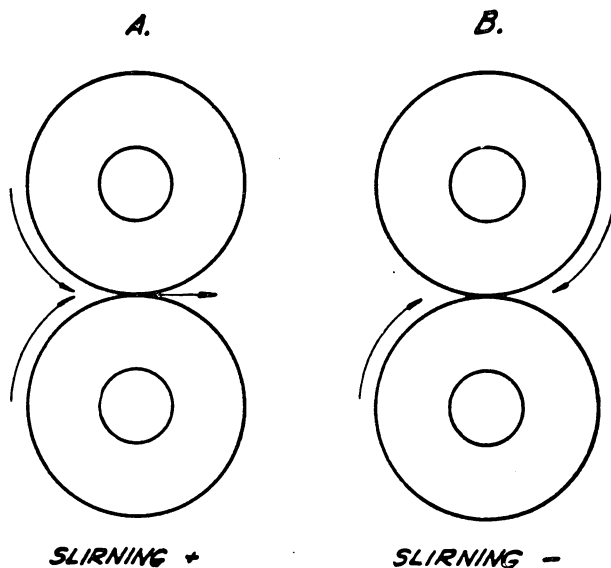


Bild 7.

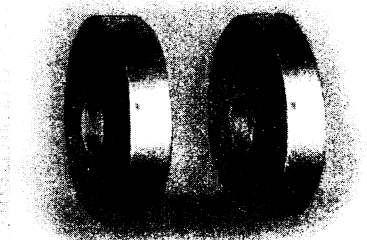


Bild 8.

har flänsens diameter nedslitits lika mycket som löpbanans, så att man efter 130 000 km. fortfarande har 20 mm. flänshöjd. Däremot har löpbanans konicitet ökat från 2,8/100 till 3,6/100. Den högra hjulringen hade från början en diameter av 830 mm. och har rullat 140,000 km. dock med eftersvarvning vid halvrevisionen. Av synnerligen stor betydelse är, att hjulparets spårvidd icke ändrats under det

hjulringarna nedslitits, varigenom hjulparets sidospel i spåret bibehållits vid 2 à 3 mm.

Sedan körhastigheten under de senare åren vid de flesta spårvägar

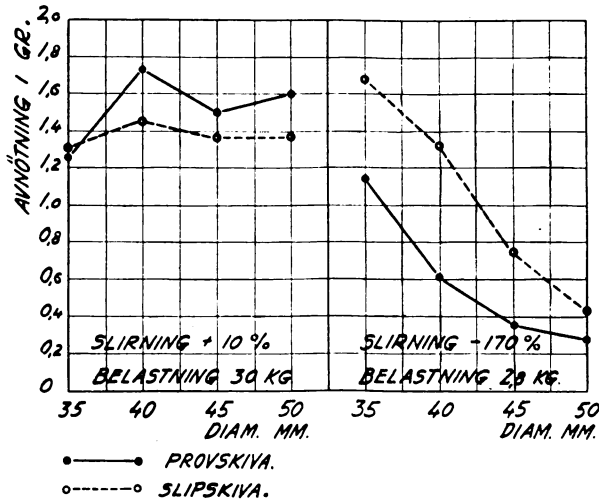


Bild 9.

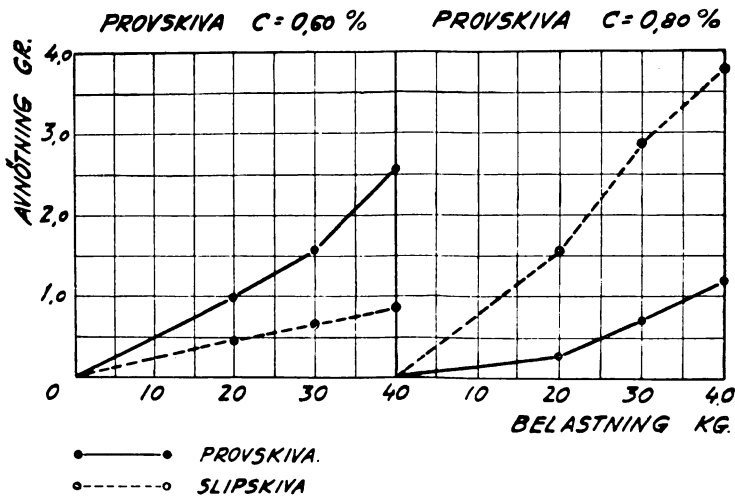


Bild 10.

avsevärt höjts, har också slitaget mellan hjulring och räls blivit väsentligt större. Frågan om vilka materialegenskaper man skall giva hjul och skena för att nå det ekonomiskt gynnsammaste resultatet har därmed blivit synnerligen aktuell, och på olika håll studeras i laboratorier den inbördes avnötningen vid olika materialegenskaper.

Vid Surahammars Bruk pågå sedan något år tillbaka under ledning av brukets chefmetallurg, bergsingenjör Gunnar Malmberg, laboratorieprov med den s. k. amslermaskinen, och ingenjör Malmberg har väl-

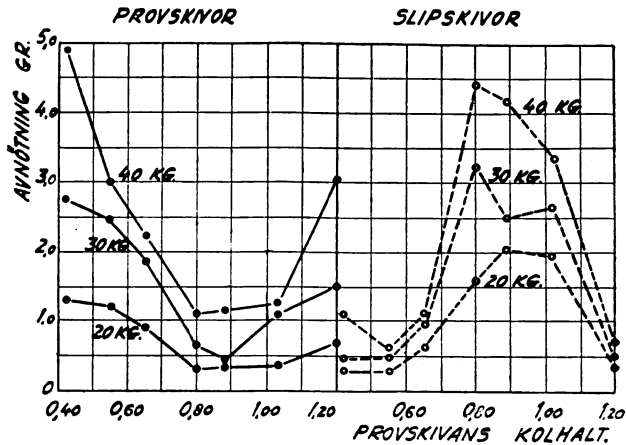


Bild 11.

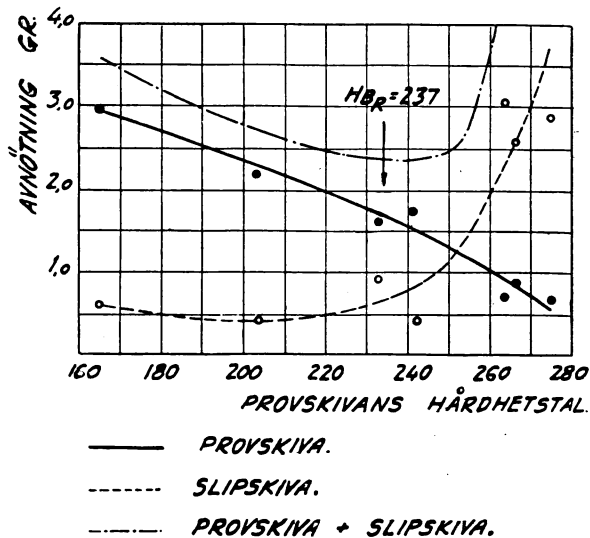


Bild 12.

villigt ställt hittills vunna resultat till förfogande. I nämnda maskin låter man två skivor (bild 7) rotera med inbördes slirning och upp-
mäter bl. a. skivornas avnötning. Den positiva slirningen, d. v. s. då
periferiernas beröringspunkter löpa åt samma håll, svarar mot slir-
ningen mellan hjul och skena. Den undre skivan är tillverkad av
rälsmaterial, och den övre svarar mot hjulringen. Bild 8 visar de två.

skivorna, av vilka den vänstra, som roterat med högre varvtal än den högra, är belagd med de järnoxidspån, som uppstått på grund av den s. k. valsoxidationen. Avnötningens variation med belastningen vid

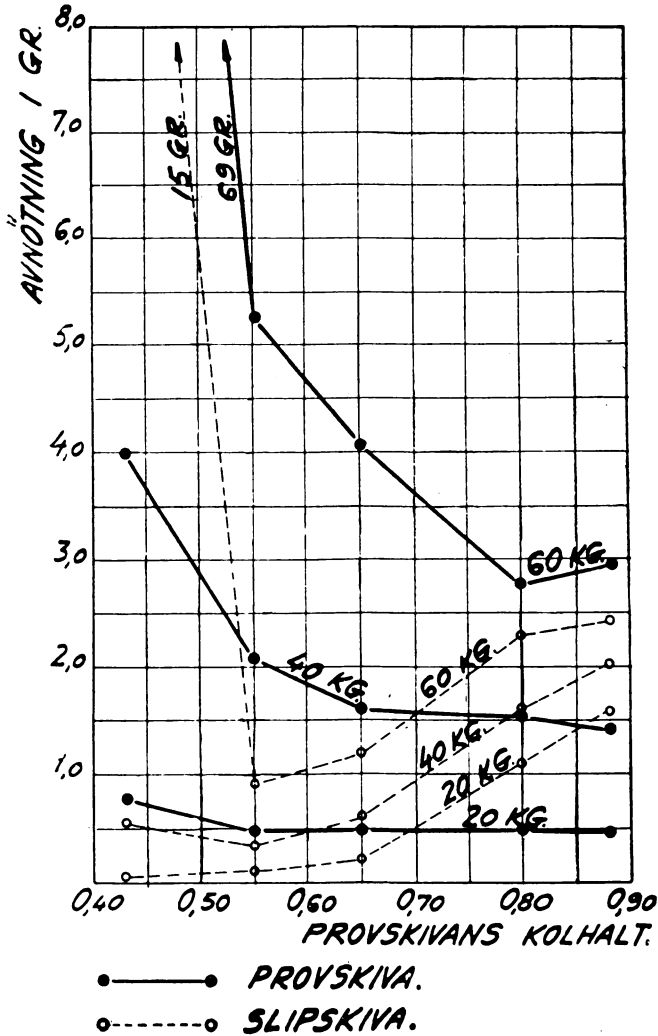


Bild 13.

positiv och negativ slirning framgår av bild 9. Provskivan svarar mot hjulringen och slipskivan mot rälsen. Å bild 10 synes, hur avnötningen vid positiv slirning varierar med belastningen vid två olika hjulringsmaterial. Rälsmaterialet har en kolhalt av 0,58 %, en manganhalt av 0,90 %, en kiselhalt av 0,32 % samt ett brinelltal av 237. Diagrammet visar, hur hastigt en omkastning i nötningsförloppet kan in-

träda vid en relativt obetydlig ändring av materialet. Bild 11 visar, hur hjulringens kolhalt inverkar på materialets nötningsmotstånd vid nyssnämnda rälsmaterial. Man ser här, att avnötningens kurvform är i stort sett densamma vid olika belastningar samt att den minsta hjulringsavnötningen inträffar samtidigt med den största rälsavnötningen. I bild 12 hava medeltalen av avnötningarna enligt bild 11 sammanställt som funktion av hårdhetstalen. Då hjulringsskivan uppnått ett hårdhetstal något högre än räls-skivans, inträder en kraftig ökning av räls-skivans avnötning. Kurvan för summa avnötning visar här ett minivärde. Slutligen framgår av bild 13; huru med stigande kolhalt avnötningen minskar hos hjulringsskivan, under det att samtidigt räls-skivans avnötning ökar. Ur detta diagram torde kunna utläsas, att om t. ex. en spårväg finner avnötningen på rälsen för hög och därför övergår till ett mjukare ringmaterial, kan, om driftsförhållandena äro sådana, att detta mjukare material blir överbelastat (se 60 kg:s kurvan), följden bliva, att de mjukare ringarna nötas mycket kraftigt och därvid åstadkomma en förhöjd avnötning på rälsen.

Av detta synnerligen kortfattade koncentrat av de hittills vid Surahammars Bruk vunna försöksresultaten torde framgå, att man säkerligen med fortsatta laboratorieprov bör kunna komma fram till resultat av stort värde för våra spårvägar. Sedan man ansett sig nått fram till positiva resultat, böra givetvis försöken fortsättas under normala driftsförhållanden, och vi få hoppas, att man därvid så småningom kommer så långt, att en standardisering av såväl räls- som hjulringsmaterial skall kunna uppnås.